

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RODRIGO VERNIER DIAS DA SILVA

CARACTERÍSTICAS PSE EM CARNE DE FRANGO SUPLEMENTADO COM
URUCUM (*Bixa orellana* L.).

CURITIBA
2018

RODRIGO VERNIER DIAS DA SILVA

CARACTERÍSTICAS PSE EM CARNE DE FRANGO SUPLEMENTADO COM
URUCUM (*Bixa orellana* L.).

Dissertação apresentada como requisito a
obtenção do grau de Mestre em Ciências
Farmacêuticas, no Programa de Pós-graduação
Ciências Farmacêuticas, Setor de Ciências da
Saúde da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Rocha
Garcia

CURITIBA
2018

Silva, Rodrigo Vernier Dias da
Características PSE em carne de frango suplementado com urucum (*Bixa orellana* L.) / Rodrigo Vernier Dias da Silva – Curitiba, 2018.
81 f. : il. (algumas color.) ; 30 cm

Orientador: Professor Dr. Carlos Eduardo Rocha Garcia
Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Setor de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Paraná.

Inclui bibliografia

1. Urucum. 2. Frango. 3. PSE. 4. Oxidação lipídica. 5. Carne. 6. Qualidade. I. Garcia, Carlos Eduardo Rocha. II. Universidade Federal do Paraná. III. Título.

CDD 664.9





TERMO DE APROVAÇÃO

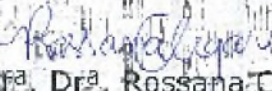
Rodrigo Vernier Dias da Silva

Título: "Características PSE em Carne de Frango Suplementado com Urucum (*Bixa orellana* L.)"

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção de grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, da Universidade Federal do Paraná, área de concentração: Insumos, medicamentos e correlatos.


Prof. Dr. Carlos Eduardo Rocha Garcia
Orientador


Prof. Dr. Elisabeth Santin
Universidade Federal do Paraná


Prof. Dr. Rossana Calegar dos Santos
Universidade Federal do Paraná

Curitiba, 27 de fevereiro de 2018.

Aos meus queridos pais pelo apoio prestado durante a elaboração dessa dissertação. À toda minha família e amigos pelo carinho, dedicação e suporte prestados a mim, sem os quais eu não estaria aqui.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Orientador Prof. Dr. Carlos Eduardo Rocha Garcia, por me motivar a seguir em frente e mostrar os caminhos que deviam ser seguidos na execução do projeto.

À universidade Federal do Paraná, por propiciar os meios para que essa pesquisa pudesse ser elaborada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, pelo incentivo prestado aos alunos de pós-graduação.

À técnica Wandelice Chiampi, pelos auxílios prestados no laboratório durante todo o período de execução do projeto.

Às alunas de mestrado e doutorado Luana e Natalia, por toda a amizade, apoio e ajuda prestados durante o projeto, ajuda sem a qual seria de uma dificuldade enorme a finalização da pesquisa.

Ao aluno de doutorado Vinícius José Bolognesi, pela ajuda prestada durante a elaboração do projeto e pelo ensinamento técnico que me foi transferido.

Aos estagiários do laboratório, Douglas e Gabriela, por toda ajuda prestada durante os ensaios.

À técnica Grace da Central Analítica, pelo auxílio durante a utilização dos equipamentos.

Ao Prof. Dr. João Scandolera, pelo auxílio prestado com o abate dos animais além do conhecimento técnico sobre o assunto que me foi passado.

Aos alunos de Medicina Veterinária, pelo apoio e ajuda durante o abate dos animais na Fazenda Experimental Canguiri.

À Fazenda Experimental Canguiri da Universidade Federal do Paraná, pelo empréstimo de tudo o que foi necessário para o abate das aves.

À Prof. Dr. Elizabeth Santin, pela ajuda prestada durante o manejo dos animais, bem como pelo empréstimo do local e do material necessário para manejo das aves.

Aos alunos de pós-graduação em Medicina Veterinária, Bruna, Jessica e Paulo, por toda ajuda, conhecimento e paciência durante o manejo das aves.

Ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Setor de Engenharia de Alimentos e seus técnicos Wanderlei e Marilice, pelo apoio durante as análises.

Ao IAPAR de Morretes-Pr pela disponibilização do material vegetal a ser coletado, em especial ao administrador Sr. Erilson Luís Teodoro.

À Tadashi Watari, por todo apoio prestado a mim durante a elaboração da dissertação.

Aos colegas do Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, por todo apoio prestado durante os dois anos do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro.

“Escolhe um trabalho de que gastes, e não terás
que trabalhar nem um dia na tua vida. “

Confúcio

RESUMO

A carne de frango está entre as proteínas de origem animal mais consumidas mundialmente, sendo o Brasil o segundo produtor mundial. A avicultura industrial é o agronegócio mais importante no país, gerando lucros e recebendo investimentos em desenvolvimento e pesquisa. Até 2023 a carne de frango será a carne mais consumida no mundo, porém estima-se que aproximadamente 37% dos cortes são afetados pela síndrome do PSE. Devido ao seu conteúdo lipídico a carne de frango é facilmente suscetível a ataques de radicais livres e à oxidação lipídica. Estes problemas frequentemente tornam a carne imprópria ao consumo, causando rejeição pelo consumidor, acarretando em prejuízos na indústria e comércio. Os consumidores, cada vez mais preocupados com dietas saudáveis, produtos de alta qualidade e produção sustentável, exigem que os fatores que afetam a qualidade do frango, bem como os meios para qualificar a carne recebam atenção de produtores e pesquisadores. O urucum (*Bixa orellana* L.) é um vegetal fonte de carotenoides, como bixina e norbixina, amplamente utilizado como corante alimentício e reconhecido como antioxidante, empregado em derivados cárneos. Este trabalho teve por objetivo avaliar a suplementação de rações de aves com urucum visando efeitos antioxidantes e anti-PSE nos cortes de peito (*Pectoralis major*) após o abate dos animais, bem como durante o tempo de armazenamento. Trinta frangos, divididos em lotes, foram alimentados com ração contendo 0%, 1,5% e 3,0% de urucum ao longo de 38 dias, avaliando-se os parâmetros de desempenho durante o manejo. O efeito da suplementação das rações com urucum moído foi avaliado quanto a oxidação lipídica, cor, perda e capacidade de retenção de água, alteração de pH, textura e cisalhamento. A adição de 1,5% e 3,0% de urucum na alimentação das aves proporcionou melhoras na capacidade de retenção de água dos cortes analisados (36,87% e 39,09% respectivamente) quando comparado às aves que não se alimentaram de urucum (34,33%). A suplementação das aves com o urucum evitou a queda brusca de pH para valores abaixo de 5,8, fatores estes que caracterizam carne PSE. A adição de 3,0% de urucum na ração reduziu os níveis de oxidação lipídica em 62% durante o armazenamento e cozimento, além de manter estáveis os parâmetros de cisalhamento (142 N após o abate e 147 N 30 dias após o abate). O urucum promoveu aumento nos parâmetros de coloração vermelho (a*) e amarelo (b*), sendo que a coloração vermelha das aves alimentadas com 3,0% de urucum foi 52% maior (7,89) que o lote controle (4,47), estes valores permaneceram estáveis durante o processo de armazenamento e congelamento. Os cortes apresentaram-se mais macios e com força de cisalhamento menor para as aves alimentadas com o urucum, principalmente devido à sua melhor capacidade de reter água. A suplementação com urucum se mostrou uma alternativa promissora para minimizar características de carnes PSE, sobretudo em relação a cor, inibição da oxidação lipídica e parâmetros de textura. Maiores estudos se fazem necessários para adequar as concentrações e condições de uso, não só em aves, mas também em outras espécies suscetíveis a essa síndrome.

Palavras-chave: Urucum, frango, PSE, oxidação lipídica, ração, qualidade da carne, carotenoides.

ABSTRACT

Chicken meat is one of the proteins most consumed worldwide, Brazil being the second largest producer of chicken. The country's poultry industry is the most important agribusiness, generating high amounts of profit and receiving big investments in research and development. Until 2023 chicken will be the most consumed meat worldwide, however, about 37% of the cut meat is affected by PSE syndrome. Moreover, due to its lipid contents, chicken is more likely to be affected by free radicals and lipid oxidation. Such problems often make the meat improper for consumption, besides being rejected by the consumer, leading to losses in the industry and commerce. Consumers are increasingly worried with healthy diets, high quality products and sustainable production, making the factors that affect the chicken quality, as well as the means to grade the meat receive attention from producers and researchers. Annatto (*Bixa orellana* L.) is a vegetal source of carotenoids, such as bixin and norbixin, widely used as food colorant and known antioxidant agents, being employed in some meat derivatives. This research aimed to test the supplementation of poultry food with ground annatto evaluating the antioxidant and anti-PSE effects on chest cuts (*Pectoralis major*) after slaughter as well as during the storage time. Thirty hens were fed with food containing 0%, 1.5% and 3.0% of annatto powder during the span of 38 days, having during the handling time their performance parameters evaluated. The effect of supplementing the food with ground annatto has been evaluated on the concentrations of TBARS, color, water loss and retention capacity, pH, texture, and shear. The addition of 1.5% and 3.0% of annatto powder to the food provided improvements on the water retention capacity of the analyzed cuts (36.87% and 39.09%, respectively) compared to birds that did not fed on annatto (34.33%) and even avoided a quick drop in pH to values below 5.8, factors that characterize PSE meat. Furthermore the addition of 3.0% of annatto to the food reduced the levels of lipid oxidation by 62% during storage and cooking as well as maintaining shear parameters stable (142 N after slaughter and 147 N 30 days after slaughter). Annatto promoted increase on the parameters of red (a^*) and yellow (b^*) colorization, the red color of birds fed 3.0% annatto was 52% higher (7.89) than the control lot, (4.47), these values remained stable during storage and freezing. It has been observed that the cuts were more tender and with lower shear force for the chicken fed with annatto, mainly due to its better water retention capacity. The supplementation of chicken with annatto has shown to be an alternative to promote antioxidant effects and provide color on chest cuts. Annatto supplementation proved to be a promising alternative to minimize PSE meat characteristics, especially in relation to color, inhibition of lipid oxidation and texture parameters. Further studies are needed to adjust the concentrations and conditions of use, not only in birds but also in other species susceptible to this syndrome.

Keywords: annatto, broiler, PSE, lipid oxidation, food, meat quality, carotenoids.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- ESTRUTURA DO TOCOFEROL E TOCOTRIENOL.....	28
FIGURA 2 – FRUTOS DO URUCUM.....	29
FIGURA 3 – CACHOPAS DO URUCUM.....	30
FIGURA 4 - ESTRUTURA QUÍMICA DA BIXINA E DA NORBIXINA.....	32
FIGURA 5 – RAÇÕES ELABORADAS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE URUCUM (0%, 1,5% E 3,0%)	38
FIGURA 6 – DESENVOLVIMENTO DAS AVES SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE URUCUM (0%; 1,5%; E 3,0%).....	42
FIGURA 7 – ALIMENTAÇÃO DAS AVES SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE URUCUM.....	43
FIGURA 8 - DIFERENÇAS NAS COLORAÇÕES DOS CORTES DE PEITO DE FRANGO NOS TRÊS TRATAMENTOS LOGO APÓS O ABATE, CONTROLE (0%), TRATAMENTO 1 (1,5%) E TRATAMENTO 2 (3,0%)	56

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1- PRODUÇÃO MUNDIAL DE CARNES DE FRANGO PARA 2017.....	22
GRÁFICO 2 – CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA EM PEITOS SUPLEMENTADOS COM URUCUM	59
GRÁFICO 3 - PERDA DE ÁGUA POR GOTEJAMENTO EM PEITOS DE FRANGO SUPLEMENTADOS COM URUCUM	60
GRÁFICO 4 - PERDAS POR COCÇÃO EM PEITOS DE GRANGO SUPLEMENTADOS COM URUCUM.....	61

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- PERCENTUAL DO AUMENTO NA PRODUÇÃO DE CARNE MUNDIALMENTE.....	22
TABELA 2 - IGREDIENTES DAS TRÊS RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM URUCUM	38
TABELA 3 - TEMPERATURA AMBIENTE IDEAL PARA AS AVES CONFORME A IDADE	41
TABELA 4 - COMPOSIÇÃO CENTESIMAL (%) DAS SEMENTES DE URUCUM DESIDRATADAS.....	47
TABELA 5 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA PROXIMAL DAS RAÇÕES.....	48
TABELA 6 - GRANULOMETRIA DAS RAÇÕES ELABORADAS	49
TABELA 7 - GANHO DE PESO MÉDIO EM GRAMAS DOS FRANGOS	49
TABELA 8 - PESO INICIAL DOS LOTES DE AVES A SEREM SUPLEMENTADAS COM URUCUM.....	50
TABELA 9 - PESO MÉDIO DAS AVES SUPLEMENTADAS COM URUCUM (g).....	50
TABELA 10 - CONSUMO MÉDIO DE RAÇÃO POR AVE EM Kg.....	51
TABELA 11 - ÍNDICE DE CONVERSÃO ALIMENTAR	52
TABELA 12 - ÍNDICE DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR NAS AVES ALIMENTADAS COM URUCUM.....	52
TABELA 13 - ALTERAÇÃO DE pH OBSERVADA NO PEITO DE AVES SUPLEMENTADAS COM URUCUM.....	53
TABELA 14 - LUMINOSIDADE L* EM PEITOS DE FRANGO SUPLEMENTADOS COM URUCUM	55
TABELA 15 –PARÂMETRO DE COR VERMELHA (a*) DURANTE O ARMAZENAMENTO DE PEITOS DE FRANGO SUPLEMENTADOS COM URUCUM	55
TABELA 16 - PARÂMETRO DE COR AMARELA (b*) DURANTE O ARMAZENAMENTO DE PEITOS DE FRANGO SUPLEMENTADOS COM URUCUM	57
TABELA 17 – UMIDADE DOS PEITOS DE FRANGO SUPLEMENTADOS COM URUCUM	58

TABELA 18 - OXIDAÇÃO LIPÍDICA DURANTE O ARMAZENAMENTO DE AVES SUPLEMENTADAS COM URUCUM	61
TABELA 19 - WARMED OVER FLAVOR (mg TBARS/Kg) EM PEITO DE FRANGO SUPLEMENTADO COM URUCUM.....	62
TABELA 20 - PERFIL DE TEXTURA DE PEITOS DE FRANGO SUPLEMENTADOS COM URUCUM.....	63

LISTA SIGLAS

ALT - Altitude

ANOVA – Análise de Variância

BHA - Butilhidroxianisol

BHT – Butilhidroxitolueno

CEUA – Comitê Ética em Uso Animal

CRA – Capacidade de Retenção de Água

CTRL – Controle

DGM – Diâmetro geométrico médio de partícula

et al. – et alli

FC – Força de Cisalhamento

FDA – *Food and Drug Administration*

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

IAL – Instituto Adolfo Lutz

IEA – Índice de Eficiência Alimentar

ICA – Índice Conversão Alimentar

LAT – Latitude

LABMOR – Laboratório de Microbiologia e Ornitopatologia da UFPR

LONG - Longitude

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MDA – Malonaldeído

OMS – Organização Mundial da Saúde

PSE – *Pale, Soft and Exudative*

RSU – Resíduo semente urucum

TBARS – Substâncias reativas do ácido tiobarbitúrico (do inglês, Thiobarbituric Acid Reactive Substances)

TBA – Ácido tiobarbitúrico

TPA – Analise Perfil de Textura

TT01 – Tratamento 01

TT02 – Tratamento 02

USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

WHO – *World Health Organization*

LISTA DE SÍMBOLOS

% – Porcentagem

a* - Vermelho, pelo sistema CIELAB

b* - Amarelo, pelo sistema CIELAB

cm - Centímetro

DP – Desvio Padrão

h - Horas

Kg – Kilograma

L – Litro

L* - Luminosidade, pelo sistema CIELAB

m - Metro

mg – Miligrama

mL- Mililitro

N – Newton

nm – Nanômetros

°C – Graus Celsius

pH – Potencial Hidrogeniônico

R – Radical

β– Letra grega *beta*

μm - Micrometro

SUMÁRIO

1. OBJETIVO	20
1.1. OBJETIVO GERAL	20
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2. REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1. AVES DE CORTE	21
2.2. FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO	23
2.2.1. Carne PSE	24
2.3. ANTIOXIDANTES USADOS EM PRODUTOS CÁRNEOS	26
2.4. URUCUM	28
2.5. CAROTENOIDES	30
2.6. BIXINA	31
2.6.1. Toxicidade	33
2.6.2. Atividade antioxidante	34
2.7. SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR DE AVES DE CORTE COM DERIVADOS DE URUCUM	35
3. MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1. URUCUM	37
3.2. FABRICAÇÃO DA RAÇÃO	37
3.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA MATÉRIA-PRIMA E RAÇÃO	39
3.3.1. Concentração de Bixina	39
3.3.2. Umidade	39
3.3.3. Cinzas	39
3.3.4. Proteínas	39
3.3.5. Fibra Bruta	40
3.3.6. Lipídeos	40
3.3.7. Carboidratos	40
3.3.8. Granulometria	40
3.4. ANIMAIS, DIETA E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	41
3.5. ABATE	43
3.6. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA CARNE	44
3.6.1. Avaliação de pH e temperatura	44

3.6.2.	Determinação dos parâmetros de cor	44
3.6.3.	Avaliação da perda de água por gotejamento (<i>drip loss</i>)	44
3.6.4.	Avaliação da capacidade de retenção de água	45
3.6.5.	Avaliação da perda de água por cocção.....	45
3.6.6.	Força de cisalhamento e textura.....	45
3.7.	AVALIAÇÃO DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA E <i>WARMED OVER FLAVOR</i> (WOF) 46	
3.8.	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	46
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1.	COMPOSIÇÃO QUÍMICA PROXIMAL DA SEMENTES DE URUCUM.....	47
4.2.	COMPOSIÇÃO QUÍMICA PROXIMAL DAS RAÇÕES ELABORADAS.....	48
4.3.	DESEMPENHO DOS ANIMAIS.....	49
4.4.	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA CARNE <i>POST MORTEM</i>	53
4.4.1.	pH.....	53
4.4.2.	Análise Colorimétrica.....	54
4.4.3.	Umidade e Capacidade de Retenção de Água	58
4.4.4.	Perda de água por gotejamento (<i>Drip Loss</i>)	59
4.4.5.	Perdas por cocção.....	60
4.4.6.	Oxidação Lipídica	61
4.4.7.	Perfil de Textura e Cisalhamento	63
5.	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	66

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas três décadas, a avicultura brasileira tem apresentado elevados índices de crescimento. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de carne de frango exportando para 142 países e vem modernizando o setor aviário através de novas técnicas de manejo, sanidade, alimentação balanceada, melhoramento genético e produção integrada. (MAPA, 2011). Segundo o Ministério da Agricultura e Meio Ambiente (2011) a taxa de crescimento de produção de carne de frango deve alcançar 4,22% ao ano, sendo que o mercado de produtos cárneos visa consumidores exigentes e preocupados com a qualidade do produto final.

Os conceitos qualidade e saudável influenciam o consumidor na hora da escolha da sua alimentação (LENNERNÄS et al., 1997) e problemas como a oxidação lipídica, rancidez oxidativa, síndrome do PSE (*Pale, Soft, Exudative*), bem como a adição de compostos sintéticos na alimentação de frangos de corte tendem a diminuir a atratividade dos produtos cárneos derivados de frango. (LUIGGI, 2015). Desse modo a busca por produtos naturais que possam substituir os sintéticos adicionados na carne e na alimentação dos animais é de grande interesse para a indústria avícola em geral e para a população consumidora.

O urucuzeiro é um arbusto perene pertencente à família botânica *Bixaceae* e ao gênero *Bixa*, presente em florestas tropicais da América do Sul e América Central (SHAHID-UL-ISLAM et al., 2016), no Brasil é encontrado como planta nativa das regiões Norte e Nordeste. (LUIGGI, 2015). A América Latina apresenta a maior produção de urucum, sendo o Brasil o maior produtor, com cerca de 12 mil toneladas anuais. (IBGE, 2012). A maior parte do urucum (*Bixa Orellana L.*) produzida no país é originária dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná. (IBGE, 2012). O mercado Norte Americano e a União Europeia consomem aproximadamente 80% da produção de urucum, produzindo pigmentos vermelho-alaranjados, usados principalmente na indústria alimentícia. (GALINDO-CUSPINERA et al., 2002).

A coloração avermelhada das sementes de urucum se deve a presença dos carotenoides bixina e norbixina em seu pericarpo. (GIULIANO et al., 2003). A bixina compreende mais de 80% dos carotenoides totais presentes no urucum, sendo este o seu principal pigmento. (SANTANA et al., 2008). As proporções de bixina e norbixina podem variar segundo a cultivar da planta, mas sempre com predominância da bixina (PRESTON; RICKARD, 1980), sendo que as sementes de *Bixa orellana L.* são consideradas a única fonte natural destes carotenoides. (BOUVIER et al., 2005). A *Food and Agriculture Organization* (FAO) (2006) regulamenta o uso dos pigmentos de urucum como corantes em produtos

alimentícios tais como queijos processados, margarinas, produtos cárneos, sorvetes, lanches rápidos, snacks, produtos de confeitaria e molhos.

Os carotenoides são uma família de moléculas lipossolúveis, facilmente encontrados em diversos vegetais e frutas, principalmente as de coloração verde, alaranjada e amarela. (HAILA, KATRI M. et al., 1996). São conhecidos como pigmentos naturais, possuindo uma estrutura básica de poli-isoprenóide e uma longa cadeia de duplas ligações conjugadas, atuando no organismo como precursores da vitamina A (BRITTON, 1995), antioxidantes e aprimoradores do sistema imune. (FERNÁNDEZ-GARCÍA et al., 2012). Garcia et al. (2012) propuseram a substituição de antioxidantes sintéticos por carotenoides naturais, como a bixina, cuja ação antioxidante foi indicada em estudos anteriores. Haila et al. (1996) determinaram o efeito antioxidante dos carotenoides: bixina, licopeno, α -caroteno e luteína em concentrações de 5 a 60 mg/g na auto-oxidação induzida por luz de triglicerídeos purificados do óleo de canola. O estudo demonstrou que a bixina apresentou a melhor ação antioxidante, dentre os carotenoides analisados. (HAILA, KATRI M. et al., 1996).

Comparando a bixina com outros cinco carotenoides de origem natural (betacaroteno, astaxantina, luteína, licopeno e alfa-caroteno) em um modelo de célula neoplásica, a bixina foi a melhor inibidora da peroxidação lipídica, mostrando atividade quimiopreventiva e supressora de radicais livres, atuando como protetora dos efeitos negativos causados pela oxidação e inibindo a transformação neoplásica induzida por agentes químicos em células 10T1/2. (ZHANG et al., 1991).

Ainda são poucos os estudos realizados que incluem o urucum na dieta de frangos de corte, mesmo suas propriedades antioxidantes sendo estudadas e observadas em diversas pesquisas. A vitamina E possui atividade antioxidante e anti-PSE descrita pela literatura e a sua semelhança de polaridade e efeitos inibidores da rancidez justificam a pesquisa da ação dos derivados de urucum sobre as características PSE, somando-se ainda o fato destes aditivos serem utilizados na indústria cárnea como corantes.

1. OBJETIVO

1.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar as características PSE da carne de frango de corte suplementados com urucum (*Bixa Orellana L*).

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os efeitos de diferentes concentrações de urucum (0; 1,5 e 3,0%) na ração sobre o desempenho dos animais.

Determinar os efeitos das diferentes concentrações de urucum sobre a coloração da carne post-mortem das aves.

Quantificar os valores de pH da carne post-mortem das aves suplementadas com e urucum (0; 1,5 e 3,0%).

Avaliar os efeitos de diferentes concentrações de urucum (0; 1,5 e 3,0%) na ração sobre capacidade de retenção de água da carne post-mortem das aves.

Verificar o efeito da suplementação das aves com urucum (0; 1,5 e 3,0%) sobre a textura e a força de cisalhamento.

Determinar as medidas de oxidação lipídica e do WOF da carne post-mortem dos animais alimentados com ração suplementada por urucum.

2. REVISÃO DA LITERATURA

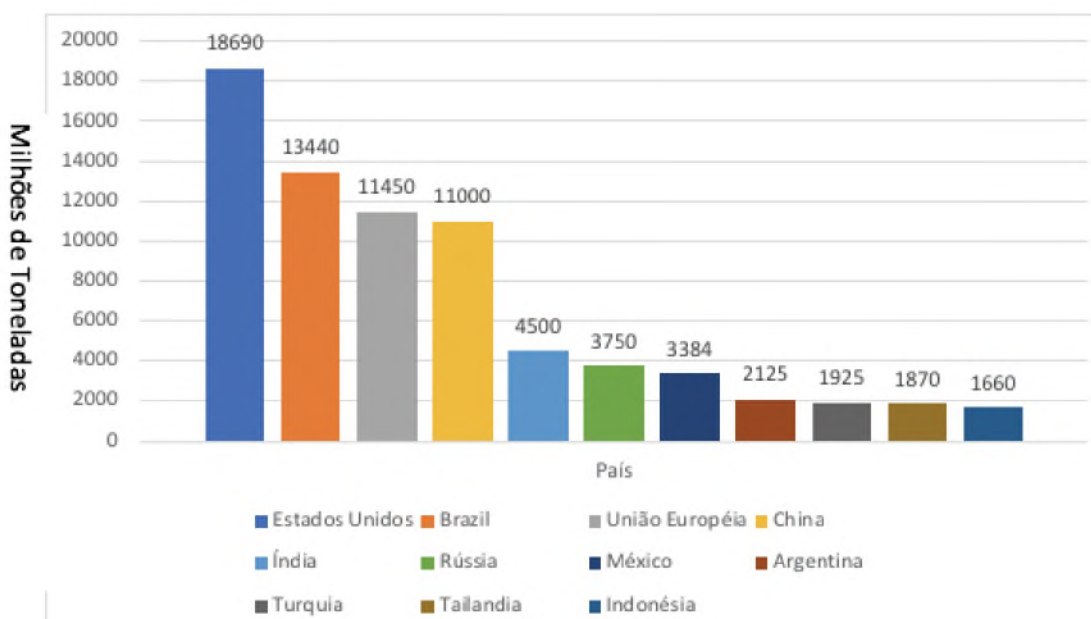
2.1. AVES DE CORTE

A produção mundial de carne de frango em 2015 foi de aproximadamente 120 milhões de toneladas e apresentou um aumento de 1,1% para o ano de 2016, sendo os Estados Unidos o maior produtor de aves de corte. (FAO, 2016). Segundo a FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) (2016), o Brasil se tornou o segundo maior produtor de aves em 2015 tendo um aumento de 5% no ano. Entre os anos de 2000 e 2012 a exportação de frango brasileiro subiu 297%. (FAO, 2016). Grande parte desse aumento na produtividade brasileira ocorre devido a novas tecnologias de manejo inseridas no país, além de pesquisas em melhoramento genético e as restrições do comércio de aves com a China devido a influenza aviária. (USDA, 2017). Graças a todos esses avanços o setor da avicultura industrial é o agronegócio de maior importância no país, sendo o que mais cresce atualmente. (ALANO MILANEZ; LORA, 2008).

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) prevê para o ano de 2018 um crescimento de 1% na cadeia global de produção de carne de frango, alavancado pelos aumentos da produção nos Estados Unidos, Brasil, União Europeia e Índia. (USDA, 2017). Ainda segundo o USDA a expansão na produção americana e brasileira ocorre devido a alta na exportação de produtos avícolas, enquanto na Índia e União Europeia é devido a demanda crescente do mercado interno.

Os maiores mercados consumidores da carne de frango brasileira são: Rússia, China, Oriente Médio, Coreia do Sul, Venezuela e Angola. (FAO, 2016). O gráfico 1 apresenta os dados de produção mundial de carne de frango para o ano de 2017.

GRÁFICO 1- PRODUÇÃO MUNDIAL DE CARNES DE FRANGO PARA 2017.



FONTE: ADAPTADO DE USDA, 2017.

O constante crescimento do comércio de aves de corte ocorre devido à carne de frango ser uma fonte barata de proteína animal (HARDER et al., 2010) além de ser mais saudável, apresentando menos gordura e uma proporção maior de ácidos graxos poli-insaturados, em comparação com carnes de outras espécies. (RIOVANTO et al., 2012).

Uma comparação realizada pela FAO (2016) ao longo de seis anos indicou que enquanto a carne bovina apresentou aumento de produtividade de 1,7%, a carne de frango teve aumento de 17%, sendo previsto que até o ano de 2023 a carne de frango seja a proteína animal mais consumida mundialmente. A tabela 1 mostra o crescimento da produção de diversas fontes de proteína animal ao longo de 6 anos e sua taxa percentual de aumento.

TABELA 1- PERCENTUAL DO AUMENTO NA PRODUÇÃO DE CARNE MUNDIALMENTE

Carne	2010 *	2016 *	Aumento (%)
Bovina	66,7	67,8	1,7
Aves	98,9	115,8	17,1
Suínos	109,3	116,5	6,6
Ovinos	13,7	14,1	2,9

Fonte: (FAO, 2016) * Valores de produção anual apresentados em toneladas vezes mil

Devido a crescente preocupação dos consumidores relacionada a dietas saudáveis, produtos de alta qualidade e produção sustentável, os fatores que afetam a qualidade do frango,

bem como os meios para qualificar a carne, devem receber atenção de produtores e pesquisadores. (LI et al., 2008).

2.2. FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO

A qualidade da carne de frango é afetada tanto por fatores intrínsecos (saúde e genética da ave) quanto por fatores extrínsecos (manejo, formas de transporte e abate, qualidade da ração e da água) ao animal. A indústria requer cortes de aves que possuam propriedades excelentes e padrões de qualidade estáveis garantindo alta qualidade e rentabilidade. (GAYA; FERRAZ, 2006). Para o consumidor a aparência da carne, bem como sua textura, coloração, aroma, gosto, suculência são os principais fatores que influenciam na sua decisão de comprar determinado corte. (KARLOVI et al., 2009). Os consumidores são capazes de diferenciar a carne crua de frango com características PSE, rejeitando a mesma e preferindo a carne “normal”. (DROVAL, 2012). A indústria de produtos cárneos tem como desafio oferecer produtos macios, suculentos, com cor e sabor agradáveis. (GAYA; FERRAZ, 2006). Para garantir todos os parâmetros de qualidade que atendam a demanda do consumidor é de extrema importância o conhecimento sobre os fatores e problemas que afetam a qualidade da carne.

A oxidação lipídica é um dos principais fatores que influenciam a qualidade da carne de frango (SAMPAIO et al., 2012), ocorre de maneira espontânea e limita o valor comercial e a aceitabilidade do produto. (SILVA et al., 1999). A intensidade da oxidação lipídica de carnes é resultado da estrutura dos lipídios, o número das insaturações, a exposição à luz e ao calor. (SILVA et al., 1999). No processo de rancidez oxidativa ocorre a interação entre moléculas de oxigênio e os lipídeos da carne formando compostos oxigenados responsáveis pelo odor característico de ranço em carnes oxidadas. (CASTRO, 2008).

A oxidação lipídica ocorre em três etapas, na primeira etapa chamada de iniciação os ácidos graxos perdem um hidrogênio de sua molécula (pelo calor ou pela ação da luz por exemplo), resultando um radical livre ou espécie reativa de hidrogênio. A etapa seguinte, chamada de propagação, ocorre quando os radicais livres reagem com um oxigênio formando o radical peróxido lipídico que por sua vez irá reagir com outros lipídeos formando os chamados hidroperóxidos. Ocorre então decomposição dos peróxidos (devido a sua alta instabilidade) resultando em produtos indesejáveis como aldeídos, cetonas e dienos conjugados. Finalmente na terceira e última etapa da oxidação, chamada de terminação, ocorre uma reação em cadeia entre os radicais livres. (CASTRO, 2008).

A carne de frango apresenta um conteúdo maior de ácidos graxos poli-insaturados quando comparado a carne vermelha, tornando-a mais suscetível a mudanças oxidativas (KILIÇ et al., 2014), sendo os fosfolipídios das membranas celulares os mais afetados pela oxidação devido a alta concentração desses ácidos graxos. (FERREIRA et al., 2011). A oxidação torna a carne imprópria para o consumo provocando alterações que afetam a qualidade nutricional bem como a segurança alimentar, formando compostos tóxicos ao organismo. (RAMALHO; JORGE, 2006), e compostos responsáveis pelos *off flavor* e *off odors* que causam uma queda no valor nutricional e no tempo de prateleira da carne. (SHERWIN, 1978). Os processos oxidativos não afetam somente os lipídios, mas também causam alterações nas proteínas, carboidratos, pigmentos, textura, coloração e vitaminas da carne. (MORRISSEY et al., 1998). A degradação de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos, causada principalmente por radicais livres, altera as qualidades sensoriais do alimento, trazendo sabores e odores desagradáveis a carne. (RAMALHO; JORGE, 2006). Espécies reativas de oxigênio, fortes radicais livres, interagem com lipídeos presentes na carne, formando subprodutos e modificações estruturais que alteram as propriedades e a qualidade da carne (GALLO et al., 2012). Bragagnolo, N.; Mariutti, L. (2009) demonstraram que a formação de óxidos de colesterol e as alterações na composição de ácidos graxos possuem um papel vital na perda da qualidade e características nutricionais da carne de frango, durante o processamento e o armazenamento.

2.2.1. Carne PSE

A síndrome do PSE, acrônimo em inglês de *pale, soft, exudative*, diminui a qualidade da carne de frango e limita seu valor econômico. (ZHAO et al., 2016). No Brasil cerca de 20 a 25% dos animais que chegam aos abatedouros tem sua qualidade de carcaça diminuída devido ao PSE. (SOARES et al., 2003). Levando em consideração a alta produtividade avícola brasileira, metodologias para evitar a perda causada por essa síndrome são essenciais para a indústria. Mundialmente cerca de 41% da carne de perus e 37% da carne de frangos apresentam características de PSE. (DIRINCK et al., 1996).

Devido à introdução de novas variedades de alimentos ao mercado, parte significativa dos frangos produzidos é desossada para utilização e exportação apenas de cortes do peito. Devido à ausência dos ossos, defeitos na carne causados pelo PSE são mais facilmente detectados, causando perdas maiores à indústria avícola. (KOMIYAMA, 2009).

A carne afetada pelo PSE apresenta coloração pálida, textura amolecida e exsudativa causados pela rápida glicólise ocorrida após o abate do animal devido ao rápido surgimento do *rigor mortis*, gerando queda no pH (geralmente pH abaixo de 5,8-5,7) com a temperatura de carcaça ainda alta causando a desnaturação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas. (CARVALHO et al., 2014). Tanto fatores *ante-mortem*, quanto fatores *post-mortem* podem causar o PSE, sendo que os principais são a genética e o stress animal durante o manejo e transporte (LESIÓW; XIONG, 2013), ainda cabem muitos estudos para se elucidar todos os fatores que desencadeiam a síndrome PSE. (SOARES et al., 2003; KATO et al., 2013; PEDRÃO et al., 2015).

A forma como os animais são transportados é outro importante fator para o desenvolvimento da carne PSE, pois, as condições de condução causam estresse nos frangos devido a aglomeração, ventilação, aceleração, vibração, impacto, barulho entre outros. (MITCHELL e KETTEWELL, 1998).

Frangos submetidos a estresse térmico pré-abate sofrem aumento da temperatura muscular, que por sua vez provoca queda do pH da carne. (OLIVO et al., 2001; LESIÓW; XIONG, 2013). A queda no pH é explicada pelo metabolismo do glicogênio muscular, que rapidamente se transforma em ácido lático, essa queda, aliada a formação de ácido lático, causa a desnaturação das proteínas musculares. (ROCHA GARCIA et al., 2010). Segundo Dransfield & Sosnicki (1998), aumentando-se a temperatura da ave em 10°C a desnaturação das proteínas ocorrerá de uma forma até 20 vezes mais intensa do que em aves não submetidas a estresse térmico.

As principais proteínas suscetíveis a desnaturação são as miofibrilares e sarcoplasmáticas, responsáveis pelo armazenamento de água entre suas moléculas (OFFER et al., 1989), sendo que a água retida na carne influencia diretamente em seu sabor e textura (GAYA; FERRAZ, 2006), logo a carne PSE perde a capacidade de armazenar água, tornando-se exsudativa, pálida, menos macia e menos atrativa ao consumo. Outro efeito negativo do comprometimento da capacidade de reter água é o acúmulo de líquido nos produtos embalados, levando a rejeição pelo consumidor e resultando em produto industrializado de pouco rendimento. (FLETCHER, 1999). A desnaturação das proteínas musculares está intimamente relacionada com a dispersão da luz na superfície do músculo. (ANADÓN, 2002). Quanto mais proteínas desnaturadas menos luz é transmitida através das fibras, tornando a carne pálida. (OLIVO et al., 2001).

Carnes afetadas pela síndrome PSE, geralmente, apresentam problemas de oxidação lipídica. (SOARES et al., 2009). As mitocôndrias das células musculares afetadas pelo PSE

apresentam alta atividade da enzima lipolítica fosfolipase A2 que substancialmente ativa as reações de oxidação, atacando as membranas fosfolípicas, liberando ácido araquidônico. (MURAKAMI; KUDO, 2002; SOARES et al., 2003). A caracterização da carne PSE se dá através de medidas de pH aliadas a medidas de retenção e perda de água, bem como da coloração do músculo *Pectoralis major*. (OLIVO et al., 2001). Soares et al., (2009) estudando o perfil de ácido graxos em frangos afetados pela PSE determinou que a oxidação lipídica foi 27 % maior em carnes PSE em relação a carnes normais. A carne PSE não é bem aceita pelo consumidor final, que compra o produto baseado principalmente em sua aparência, e os problemas sensoriais presentes na carne destinada a industrialização acarreta prejuízo econômico bem como na rentabilidade industrial e comercial. (DROVAL; ROCHA GARCIA; FREITAS; et al., 2010). O fenômeno PSE, portanto, é prognosticado pela combinação de análises de pH, cor e capacidade de retenção de água nos músculos do peito. (DROVAL, 2011).

A suplementação alimentar das aves com vitamina E possui ação anti-PSE (OLIVO et al., 2001) e antioxidante, reagindo com radicais livres e inibindo sua atuação. (TAPPEL, 1962). Mitsumoto et al. (1993) relata que a vitamina E ingerida é absorvida e incorporada pelas membranas celulares, prevenindo o ataque dos radicais livres, evitando a oxidação lipídica, a descoloração da carne, e a desnaturação das proteínas musculares. A vitamina E atua como um antioxidante de membranas celulares (FERNANDES et al., 2013) sendo assim ela promove a estabilidade das membranas das mitocôndrias no *post-mortem* animal, evitando o escape de íons causadores da desnaturação das proteínas musculares (CHEAH et al., 1984), além de agir como doador de hidrogênio para o radical peroxila, interrompendo a reação em cadeia. (CASTRO, 2008).

A busca dos consumidores por produtos com qualidade cada vez maior, e tendo em vista o crescimento do mercado de produtos orgânicos e sem componentes sintéticos, levou o produtor de carne de aves a adotar medidas para limitar a oxidação, o fenômeno PSE e outros fatores deletérios na carne, tanto na armazenagem, quanto no processamento. (SILVA et al., 1999).

2.3. ANTIOXIDANTES USADOS EM PRODUTOS CÁRNEOS

Segundo a *Food and Drug Administration* (FDA) antioxidante é uma substância capaz de prolongar a vida de prateleira de produtos que contêm lipídios oxidáveis, promovendo atraso na rancidez oxidativa. Os compostos antioxidantes mais utilizados na indústria cárnea são polifenóis de origem sintética. (OLIVEIRA, 2012). Antioxidante é uma classe de compostos

químicos que apresentam efetividade na inibição da oxidação lipídica, atuando na redução dos radicais livres. (CASTRO, 2008).

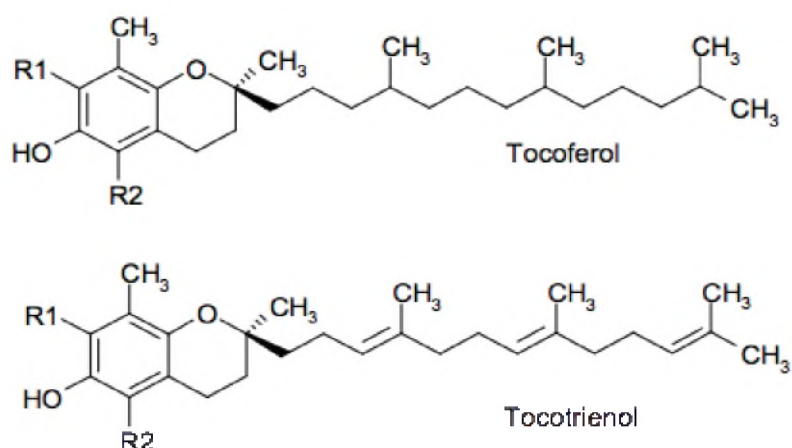
A *World Health Organization* (WHO) e a FAO permitem o uso dos polifenóis, butil-hidroxi-anisol (BHA), butil-hidroxi-tolueno (BHT), terc-butil-hidroquinona (TBHQ) e propil galato (PG) como aditivos antioxidantes em produtos alimentares e farmacêuticos (RAMALHO; JORGE, 2006), agindo como doadores de átomos de hidrogênio para os radicais livres.

Alguns ensaios *in vivo* sugeriram que os polifenóis sintéticos possam apresentar toxicidade, devendo seu uso ser limitado. (WÜRTZEN, 1993; CRUCES-BLANCO et al., 1999). No Brasil a Portaria nº 1.004, de 11 de dezembro de 1998 limita o uso de BHA, BHT e PG em no máximo 100 mg/kg, enquanto de TBHQ é de no máximo 200 mg/kg (BRASIL, 1998). Sendo assim existe um crescente número de estudos que visam a busca por antioxidantes de fontes naturais, que, além de atrair a atenção do consumidor, possam trazer vários benefícios ao produto cárneo em questão.

Barbut, Josephson, & Maurer, (1985) mostraram que derivados de alecrim usados como antioxidantes em salsichas de peru armazenadas a 4 °C resultaram em níveis de oxidação semelhantes aos encontrados usando-se uma mistura de BHA e BHT. Além do mais extrato aquoso de erva mate foi eficiente em diminuir a rancidez oxidativa em almôndegas de peito de frango durante armazenamento. (FERREIRA et al., 2011).

A vitamina E é uma vitamina lipossolúvel amplamente distribuída nos alimentos, sendo um antioxidante natural, possuindo estrutura rica em insaturações, reage com radicais livres solúveis nos lipídeos das membranas, estabilizando e protegendo suas estruturas. (TAPPEL, 1962). O termo usado Vitamina E se refere a mistura de tocoferóis e tocotrienóis (FIGURA 1) geralmente sintetizado por tecidos vegetais, sendo sua ocorrência no organismo animal oriunda apenas da ingestão. (CASTRO, 2008).

FIGURA 1- ESTRUTURA DO TOCOFEROL E TOCOTRIENOL.



FONTE: CASTRO (2008)

São poucos estudos que mostram a atividade antioxidante e anti-PSE do urucum através da suplementação da ração dos frangos, sendo esses estudos basicamente limitados ao estudo da oxidação em ovos. Os consumidores, hoje, estão cada vez mais preocupados com a sua saúde e com o que consomem, sendo assim a necessidade de se encontrar antioxidantes naturais em produtos alimentícios faz com que seja promissora e crescente a realização de pesquisas com os carotenoides. (LUIGGI, 2015).

2.4.URUCUM

Bixa orellana L. comumente conhecida como urucum, pertence à família *Bixaceae*. O nome é derivado do conquistador espanhol Francisco de Orellana, usada à séculos como pintura corporal, tratamento para queimaduras e protetor solar. (SHAHID-UL-ISLAM et al., 2016).

O urucum é uma planta arbustiva de crescimento rápido, atingindo até 6 metros de altura, nativa do Brasil e comumente encontrada em outras regiões da América do Sul e Central (SOUSA; FARIA, 2014), sendo o Brasil o maior produtor mundial de sementes de urucum. (MANTOVANI et al., 2013). No Brasil é principalmente encontrada nas regiões de florestas Amazônica e Atlântica, sendo os estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná os principais produtores de urucum. (IBGE, 2012). Comumente conhecida no Brasil pelos nomes de urucu, açafrão ou urucum, é o principal constituinte do colorífico, utilizado na culinária regional brasileira. (COSTA, 2007). É cultivada em países de clima tropicais como Indonésia, Índia,

Quênia e leste da África sendo uma espécie pouco exigente em relação ao solo na qual se desenvolve. (COSTA, 2007). A América Latina é o principal produtor mundial de urucum, produzindo cerca de 17 mil toneladas, e o Brasil produz 12 mil toneladas anuais. (IBGE, 2012).

Os frutos do urucum (FIGURA 2) são denominados de cachopas, quando abertas (FIGURA 3) expõe suas sementes que variam entre tons de laranja e vermelho, quando maduros. (CARVALHO et al., 2010). As sementes do urucum possuem em sua superfície um arilo onde se encontram os carotenoides característicos pela sua coloração vermelho alaranjada, porém apenas 30% do peso do arilo das sementes é representado pelos carotenoides, sendo os outros 70% divididos em cinzas (2,0%), proteínas (2,5%), lipídeos (30%), carboidratos (32%) e umidade (3,5%). (CARVALHO et al., 2010; MANTOVANI et al., 2013)

O principal destino do urucum produzido no Brasil é a comercialização dos grãos moídos para a produção de corante e para a produção dos corantes denominados bixina, norbixina e norbixato. (FABRI; TERAMOTO, 2015).

FIGURA 2 – FRUTOS DO URUCUM.



FONTE: O AUTOR (2017)

O urucum possui diversas aplicações na indústria alimentícia, sendo utilizado como corante de produtos a base de leite, produtos ricos em gordura, sobremesas, sorvetes, queijos e margarinas (SHAHID-UL-ISLAM et al., 2016), além de aplicações na indústria cosmética e farmacêutica. (SOUSA; FARIA, 2014).

FIGURA 3 – CACHOPAS DO URUCUM



Fonte: O Autor (2017)

A coloração vermelha alaranjada do urucum se dá devido a presença dos carotenoides bixina e norbixina no seu arilo, porém nota-se a presença de outros carotenoides no urucum tais como β -caroteno e a zeaxantina. (SANTANA et al., 2008).

2.5.CAROTENOIDES

Os carotenoides são uma família de moléculas lipossolúveis, (HAILA, KATRI M. et al., 1996), conhecidos como corantes naturais, responsáveis pelas colorações amarela, laranja e vermelha, amplamente empregados na indústria alimentícia, farmacêutica e rações animais (VALDUGA et al., 2009), possuem uma estrutura básica de poli-isoprenoíde e uma longa cadeia de duplas ligações conjugadas, atuando no organismo como precursores da vitamina A (BRITTON, 1995), antioxidantes e aprimoradores do sistema imune (FERNÁNDEZ-GARCÍA et al., 2012) e diminuindo o risco de doenças degenerativas e câncer (NIIZU, 2003).

Essas moléculas são de ampla distribuição na natureza sendo biossintetizadas por plantas, algas, fungos, leveduras e bactérias (RODRIGUEZ-AMAYA, 2008), existindo mais de 600 variantes estruturais conhecidas (FONTANA et al., 2000) cujas principais representantes nos alimentos são o β -caroteno (cenoura), licopeno (tomate), zeaxantina e luteína (milho) e a bixina (urucum). (FONTANA et al., 2000).

Os carotenoides podem ser obtidos industrialmente através de síntese química, extraídos de plantas e algas, ou por fermentação bacteriana. (VALDUGA et al., 2009). Cerca de 90 % do mercado mundial dos carotenoides é atendido pela síntese química (VILA et al., 2008), porém a crescente preocupação com a utilização de aditivos sintéticos e a busca por

processos sustentáveis tornaram a produção de carotenoides, via fermentação por micro-organismos, de interesse comercial e industrial. (SOWMYA; SACHINDRA, 2015).

Alguns estudos destacam a produção de carotenoides pelos micro-organismos *Xanthophyllomyces dendrorhous* (HU et al., 2006), *Dunaliella salina* (AGUILAR et al., 2004; HU et al., 2006), *Haematococcus phivialis* (OROSA et al., 2005; KATSUDA et al., 2008) e *Rhodotorula glutinis*. (BUZZINI, 2000; LI et al., 2008).

A produção anual de carotenoides é estimada em cerca de 100 milhões de toneladas ao ano (FONTANA et al., 2000), desta produção destaca-se o β -caroteno como o mais consumido (32% do mercado) seguido da astaxantina (28 % do mercado). (VILA et al., 2008)

2.6. BIXINA

As sementes do urucum apresentam em sua superfície carotenoides bixina e norbixina, sendo a bixina o pigmento presente em maior concentração. (SANTANA et al., 2008). A bixina é um carotenoide lipossolúvel com caráter éster, possuindo uma estrutura de 25 carbonos, nove ligações duplas conjugadas e grupamentos metil éster, correspondendo a cerca de 2,5% do peso seco das sementes. (MASCIO, DI et al., 1989). A norbixina é um apo-carotenoide hidrofílico, extraído da semente do urucum via saponificação, adicionando-se a semente em uma solução aquosa de pH alcalino, seguida de precipitação ácida. (GIULIANO et al., 2003).

A *Bixa orellana* L é a única fonte natural de bixina, sendo esta correspondente a 80% dos carotenoides presentes na sua semente. (MERCADANTE; PFANDER, 1998). A bixina (FIGURA 4) não possui atividade pró-vitamina A, como a maioria dos carotenoides e, embora tendo uma cadeia menor que outros carotenoides, é também formada por uma cadeia de duplas ligações conjugadas alternadas, que lhe confere propriedades antioxidantes. (CARVALHO; HEIN, 1989; GIULIANO et al., 2003).

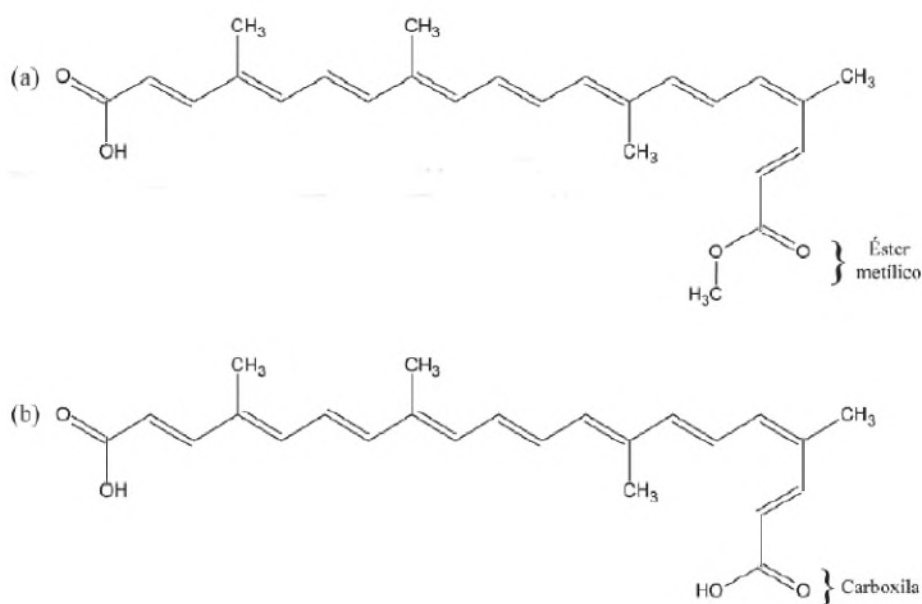
Soluções aquosas de carotenoides de urucum contêm principalmente norbixina e traços de bixina, enquanto soluções lipídicas contêm preferencialmente bixina. (KIOKIAS; OREOPOULOU, 2006). As estruturas da bixina e norbixina são semelhantes (FIGURA 4), porém, influenciam diretamente as propriedades químicas, físicas e aplicações industriais do urucum. (ROCHA GARCIA et al., 2012).

A presença de um grupo metil-éster em uma das extremidades da cadeia da bixina, enquanto a norbixina apresenta um ácido carboxílico é a principal diferença entre as moléculas, sendo que devido a essa diferença a bixina apresenta lipossolubilidade, enquanto a norbixina apresenta-se hidrossolúvel. (MERCADANTE et al., 2010).

A hidrólise do grupo metil éster da bixina, leva a formação do ácido dicarboxílico norbixina, cuja solubilidade em água se dá devido à presença do grupamento carboxila, que possibilita a molécula interagir com água. (LANCASTER; LAWRENCE, 1996). Devido a essas diferenças químicas e estruturais, a bixina e norbixina exigem solventes apropriados para a sua extração e possuem utilizações diferenciadas na indústria de corantes e indústria cárnea. (ROCHA GARCIA; BOLOGNESI; et al., 2010).

Devido às estruturas carbônicas apresentarem diversas insaturações, esses compostos podem sofrer isomerização, sendo que naturalmente a bixina e a norbixina estão presentes na semente do urucum na forma de isômeros *cis*. (ROCHA GARCIA; BOLOGNESI; et al., 2010). Aquecendo-se a *cis*-bixina ela é convertida para *trans*-bixina seu isômero mais estável, porém temperaturas muito altas ou a exposição à luz podem degradar a bixina. (GALINDO-CUSPINERA et al., 2002).

FIGURA 4 - ESTRUTURA QUÍMICA DA BIXINA E DA NORBIXINA.



FONTE: CARVALHO (2002) * Bixina (a), norbixina (b)

A bixina foi o primeiro carotenoide em que o isomerismo geométrico foi encontrado. A bixina e a norbixina apresentam configurações *cis* e *trans*. Diferente da maioria dos carotenoides, a bixina é encontrada naturalmente na forma não estável *cis* (metil-hidrogênio 9'-*cis*-6,6' diapocaroteno) na semente da planta, tornando-se logo na forma estável *trans* sobre a extração por organosolventes e/ou calor. (LYING et al., 2005). A *cis*-bixina é sensível à luz e há estudos demonstrando ser instável à temperatura ambiente, mesmo quando armazenada no

escuro, tanto na forma em pó, quanto em uma solução de clorofórmio. Com o aquecimento, a *cis*-bixina é convertida à forma mais estável e solúvel, *trans*-bixina. (HENRY, 1996).

2.6.1. Toxicidade

Estudos relatam reduzida toxicidade dos compostos do urucum tanto *in vitro* como *in vivo*. (AGNER et al., 2004, HAGIWARA et al., 2003, LUIGGI, 2015). A FAO estipula o consumo ideal de bixina em 0,065 mg/Kg peso corpóreo/dia. (FAO, 2002).

Bautista et al. (2004) avaliaram a toxicidade do pó de semente de urucum (27% de bixina) em ratos Wistar machos e fêmeas alimentados por 28 dias com uma dieta de urucum desidratado suspensa em óleo de milho consistindo em menos de 540 mg bixina/kg peso corpóreo por dia. Nessa concentração, não houve mortes dos 30 ratos analisados, não foram notados efeitos toxicológicos no plasma ou efeitos histopatológicos. Nenhum efeito adverso foi notado no fígado dos animais, porém cerca de 20% das fêmeas tratadas apresentaram apoptose nos rins sem apresentar demais danos a outros tecidos, fato esse que foi tratado como isolado, mas que convêm mais estudos a serem realizados. Observou-se também que o nível de triglicerídeos nos ratos machos dobrou duas semanas após a dieta com urucum ser encerrada, o que pode sugerir que o urucum teve um efeito supressor nos triglicerídeos dos ratos, porém estudos posteriores devem ser realizados para comprovar essa possibilidade. (BAUTISTA et al., 2004).

A toxicidade crônica do extrato de urucum com uma pureza de 91,6% de norbixina, obtido por extração com solvente orgânico, seguido por lavagem e precipitação, foi analisada por 13 semanas na dieta de ratos Sprague-Dawley de ambos os sexos (HAGIWARA et al., 2003). Os animais foram alimentados com 0; 0,1; 0,3 e 0,9% de extrato e não foram observadas mortes dos animais, mudanças comportamentais, alterações no consumo de água e alimento, ganho de peso assim como mudanças no padrão histológico (HAGIWARA et al., 2003).

A dieta com extrato a um nível de 0,1% não causou nenhum efeito deletério no animal, e mesmo os animais alimentados com níveis de 0,3 e 0,9% de extrato, apresentaram um ligeiro aumento no peso do fígado. Os autores concluíram que a toxicidade do urucum, mesmo em humanos pode ser considerada negligenciável. (HAGIWARA et al., 2003).

Os conhecimentos atuais obtidos de vários estudos avaliando a toxicidade do urucum permitem o consumo humano e animal dos compostos bioativos de suas sementes, desde que

não se ultrapassem os limites de ingestão delimitados pela FAO. (ROCHA GARCIA et al., 2012).

2.6.2. Atividade antioxidante

A atividade antioxidante da bixina e da norbixina é atribuída a presença de duplas ligações em suas cadeias, as quais permitem a adição de radicais livres aos carbonos adjacentes as insaturações (ROCHA GARCIA et al., 2012). Estudos realizados relataram os efeitos antioxidantes dos compostos derivados do urucum entre outras substâncias naturais. (HAILA; LIEVONEN; HEINONEN, 1996; KIOKIAS; OREOPOULOU, 2006).

O uso de sal de bixinato de potássio em *jerked beef* mostrou um efeito antioxidante em substituição ao nitrito de sódio, sendo que a combinação de sal de bixinato de potássio e nitrito de sódio foi capaz de reduzir em cerca de 30% os níveis de rancidez oxidativa no produto final. (BOLOGNESI, 2014). Durante o processamento térmico e armazenamento a -18°C de hambúrgueres elaborados com peito de frango foi observado que o urucum foi capaz de minimizar a oxidação lipídica (avaliada por TBARS) durante os 120 dias de armazenamento. Observou-se também que o urucum promoveu efeito protetor sobre os níveis de vitamina E. (FREITAS CASTRO et al., 2008)

Mercadante et al., (2010) propuseram a substituição do antioxidante sintético eritorbato de sódio por carotenoides naturais (norbixina, β -caroteno, licopeno e zeaxantina) em salsichas de carnes bovina, frango e suína, armazenadas a 4°C por 45 dias logo após seu cozimento. Destes 4 carotenoides a norbixina e a zeaxantina foram as que apresentaram melhores resultados, diminuindo em cerca de 20% os níveis de malonaldeído. (MERCADANTE et al., 2010).

A busca por uma alimentação mais saudável e livre de compostos sintéticos faz com que a utilização de produtos naturais seja uma vantagem nos alimentos, além destes proporcionarem uma estabilidade oxidativa. (ROCHA GARCIA et al., 2012).

2.7. SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR DE AVES DE CORTE COM DERIVADOS DE URUCUM

Os processos oxidativos podem ocorrer no animal ainda vivo devido a falta de equilíbrio entre a produção de radicais livres e os mecanismos de defesa do animal, levando a tentativas de aumentar a estabilidade da carne por meio de suplementações alimentares e novas estratégias em dieta animal. (MORRISSEY et al., 1998). A suplementação das rações de aves com compostos antioxidantes objetiva a proteção dos nutrientes bem como a redução de danos causados pelas reações de oxidação que ocorrem no organismo. (LUIGGI, 2015).

As primeiras pesquisas realizadas avaliando o urucum na alimentação de aves, incluiu a adição de farinha da semente do urucum para a pigmentação da gema de ovos, utilizando-se níveis de 0,1 a 3% da farinha na ração. (HANSEN et al., 2015).

O resíduo da semente de urucum (RSU) apresenta maior teor de proteína bruta que o milho (12% versus 8% respectivamente), porém apresenta um teor médio de fibra bruta, exigindo que altos níveis de RSU devam ser evitados na ração de aves para evitar comprometer a digestibilidade. (LUIGGI, 2015). Estudos recomendam a inclusão de 10% deste subproduto na ração de frangos de corte (SILVA et al., 2005).

Luiggi (2015) estudou o efeito da adição de extrato oleoso de urucum nas porcentagens de 0, 0,714%, 1,428%, 2,142% e 3,571% de urucum em frangos de corte e observou aumento da coloração amarela em todos os tratamentos (a coloração amarela é importante pois é interpretada como parâmetro de qualidade pelo consumidor). Luiggi (2015) também observou que a adição de urucum na dieta dos frangos reduziu a perda de peso por cocção e a força de cisalhamento, fazendo com que a carne tivesse uma capacidade maior de reter água. A inclusão de 3,571% de urucum na dieta dos frangos apresentou efeito antioxidante na carne de coxa, mesmo após dez dias do tratamento térmico e a suplementação de 0,714% de urucum apresentou efeito antioxidante na carne de peito.

A adição de bixina em dietas de frangos de corte onde milho é substituído pelo sorgo corrige a falta de coloração da carne, pois na substituição, pode ocorrer diminuição da coloração. (ROCHA GARCIA et al., 2005).

Senthilkumar et al. (2008) demonstraram que a farinha de semente de urucum pode ser adicionada em substituição de até 25% do milho em rações basais de frangos de corte, sem perda de desempenho do animal, além do urucum se demonstrar um nutriente de baixo custo para as aves. A utilização de semente de urucum moída na ração animal pode prevenir a descoloração indesejável da carne após o cozimento, sendo assim o acréscimo de 3% do

suplemento na alimentação das aves, atua como agente pigmentante, melhorando algumas características sensoriais da carne de frango. (HARDER et al., 2010).

Estudos relataram que a adição de determinados níveis de urucum na ração de aves poedeiras proporciona melhora na coloração das gemas mesmo após 21 dias de armazenamento dos ovos, porém mais estudos devem ser feitos para avaliar o potencial antioxidante do urucum nos ovos. (SILVA et al., 2000; SPADA et al., 2012; LAGANÁ et al., 2012)

A adição de semente de urucum às rações de aves poedeiras não traz efeitos negativos no tamanho e peso dos ovos (OFOSU et al., 2010), assim como não altera o sabor e a viscosidade da gema e da clara, bem como o perfil lipídico dos ovos. (HANSEN et al., 2015).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1.URUCUM

As cachopas do Urucum foram coletadas no mês de julho de 2017 nas dependências da fazenda experimental do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná) localizada na Rodovia Miguel Buffara, km 8, Morretes, Paraná, Brasil. LAT.: 25°30'S/ LONG.: 48°49'W / ALT.: 59m.

O material vegetal coletado foi identificado pelo Herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná, sendo depositado no respectivo herbário e tombado com número UPCB 92346.

As sementes foram retiradas das cachopas, secas em estufa de ar regulado a 50°C, até peso constante, moídas em liquidificador comercial, obtendo-se um pó seco e fino, embalado a vácuo e armazenado em geladeira até a sua utilização. O urucum foi caracterizado com relação a quantidade de bixina, teor de cinzas e umidade, quantidade de lipídios, proteína, fibra bruta, carboidratos.

3.2.FABRICAÇÃO DA RAÇÃO

Cento e cinquenta quilogramas de ração para aves de corte foram produzidos na Unidade Produtora de Ração na Fazenda Experimental Canguiri, sendo realizados 3 tratamentos tendo cada unidade experimental 10 aves. Os tratamentos consistiram na inclusão de 0%, 1,5% 3% de urucum em pó na ração, respeitando as exigências nutricionais das aves em cada fase. Produziu-se 50 kg de ração para cada lote, sendo que para cada um destes tratamentos, os componentes da ração, incluindo o urucum, eram homogeneizados por 30 minutos em um homogeneizador de rações para garantir a mistura total dos constituintes. Os frangos foram criados com ração basal formulada para atender suas exigências nutricionais descritas por Rostagno et al., (2005) contendo milho, farelo de soja e outros micronutrientes (TABELA 2). Cada lote de ração foi armazenado em sacos propícios até a sua utilização, sendo realizada uma coleta de cerca de 500g de cada lote para a realização da sua composição centesimal. A figura 5 mostra as diferenças na coloração das 3 rações elaboradas.

TABELA 2 - IGREDIENTES DAS TRÊS RAÇÕES SUPLEMENTADAS COM URUCUM

Componente	Controle (CTRL)*	Tratamento 01 (TT01)*	Tratamento 02 (TT02)*
Milho	27,27	27,27	27,27
Soja	19,05	19,05	19,05
Fosfato	0,901	0,901	0,901
Óleo de Soja	1,574	1,574	1,574
Calcário	0,538	0,538	0,538
Sal	0,25	0,25	0,25
Metionina	0,16	0,16	0,16
Lisina	0,117	0,117	0,117
Treonina	0,047	0,047	0,047
Premix Mineral	0,025	0,025	0,025
Premix Vitamínico	0,075	0,075	0,075
Urucum moído	0	0,750	1,5

*Valores apresentados em quilogramas. Fonte: O AUTOR (2017)

FIGURA 5 – RAÇÕES ELABORADAS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE URUCUM



Controle

Tratamento 1

Tratamento 2

Fonte: O Autor (2017) * Controle (0%), Tratamento 1 (1,5%), Tratamento 2 (3,0%)

3.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA MATÉRIA-PRIMA E RAÇÃO

3.3.1. Concentração de Bixina

A concentração de bixina presente nas sementes coletadas foi realizada segundo a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), usando-se Hidróxido de potássio a 0,5% como agente extrator. Exatamente 150 ml de solução de KOH foi aquecida em manta térmica até atingir a ebulição, então em seguida 25 gramas de sementes de urucum foram transferidas para a solução em ebulição e mantida por exato 1 minuto. Após isso, sem agitação a solução foi resfriada com água corrente. A solução resultante foi filtrada em um balão volumétrico de 1000 ml e lavada com 100 ml de água deionizada. O volume foi completado com Hidróxido de potássio 0,5%. Foi pipetado 1mL desta solução para um balão volumétrico de 100mL cujo volume foi completado com KOH 0,5%. Seguiu-se uma tomada de amostra para a realização da leitura em espectrofotômetro com absorbância de 453 nm, utilizando-se a solução de Hidróxido de Potássio 0,5% como branco.

3.3.2. Umidade

Os níveis de umidade total do urucum e das rações elaboradas foram determinados a 105°C até as amostras atingirem peso constante. (IAL, 2008).

3.3.3. Cinzas

A determinação de cinzas (ou resíduo mineral fixo) do urucum e das rações foi realizada segundo a metodologia descrita em IAL (2008), onde utilizou-se mufla a 550°C para a incineração do material até as cinzas adquirirem um aspecto esbranquiçado.

3.3.4. Proteínas

Utilizou-se o método de Kjeldahl para a determinação da concentração de proteínas do urucum e das rações. Para isso, foi utilizado um bloco digestor de proteínas (SOLAB SL, Brasil) e destilador de nitrogênio (MARCONI MA 036, Brasil). A Concentração final de proteínas foi determinada usando-se o fator 6,25 para conversão do nitrogênio. (IAL, 2008).

3.3.5. Fibra Bruta

A concentração de fibra bruta foi determinada segundo IAL (2008) onde adicionou-se 2 g da amostra seca e desengordurada a 100 ml de uma solução ácida contendo ácido acético glacial, água, ácido nítrico e ácido tricloracético e mais 0,5g de terra diatomácea. A solução foi transferida para um Erlenmeyer de 750mL, e usando-se um aparelho de Soxleht modificado, a solução foi aquecida por 40 minutos. Após foi feita uma filtração com cadinho de Gooch, o filtrado foi lavado com água fervente até que a água de lavagem apresentasse reação ácida, seguida de lavagem com 20mL de álcool e 20mL de éter. O filtrado resultante das lavagens foi seco a 105°C, até peso constante e depois incinerado em mufla a 550°C. A perda de peso obtida foi igual à quantidade de fibra bruta.

3.3.6. Lipídeos

O teor de lipídeos do urucum e das rações foi determinado usando-se extração em aparelho de Soxhlet, durante 4 horas tendo éter de petróleo como solvente. O conteúdo lipídico retido no balão volumétrico foi determinado pela diferença de peso. (IAL, 2008).

3.3.7. Carboidratos

A concentração de carboidratos das amostras foi determinada por diferença dos demais componentes.

3.3.8. Granulometria

A análise granulométrica foi realizada pelo peneiramento das amostras, utilizando para isso um conjunto de peneiras de 1,4 mm; 0,7 mm; 0,5 mm; 0,25 mm; 0,15 mm mais um fundo. O sistema de peneiras foi montado sob um equipamento vibrador que proporcionou a separação das partículas conforme seu tamanho. Após 15 minutos de peneiramento, as frações retidas em cada peneira foram pesadas sendo assim determinado o diâmetro geométrico médio (DGM) das partículas das 3 formulações de ração elaboradas, bem como do pó de urucum moído. (ZANOTTO; BELLAVER, 1996).

3.4. ANIMAIS, DIETA E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Após a aprovação do trabalho pelo comitê de ética de uso animal (CEUA) com protocolo de número 065/2017, trinta frangos de corte macho da linhagem Cobb 500 de um dia de idade adquiridos da Granja Palmeirinha – Vibra agroindustrial S/A localizada em Guarapuava, foram alocados nas dependências do Laboratório de Microbiologia e Ornitopatologia (LABMOR) do Setor de Agrárias da UFPR.

Ao recebimento das aves, todas foram pesadas e separadas em 3 lotes de 10 aves cada, mantendo-se um peso relativamente homogêneo entre os animais de cada tratamento. Para manter o bem-estar animal, parâmetros de temperatura e ventilação foram controlados por ventiladores e campânulas a gás, medindo-se a temperatura todos os dias do manejo animal por meio de termômetros de ambiente. A temperatura foi mantida variável de acordo com a idade da ave, 32° C até 7 dias e reduzindo lentamente até 25° C de 10 a 38 dias conforme a tabela 3, presente no Manual de Manejo de Frango de Corte Cobb (2011).

TABELA 3 - TEMPERATURA AMBIENTE IDEAL PARA AS AVES CONFORME A IDADE

Idade - Dias	Temperatura °C
0	32-33
7	29-30
14	27-28
21	24-26
28	21-23
35	19-21

Fonte: Adaptado de Manual de Manejo de Frango de Corte Cobb

As gaiolas das aves (FIGURA 6) eram higienizadas todos os dias, sendo realizadas trocas constantes da água para que os animais sempre obtivessem água fresca e livre de contaminação.

FIGURA 6 – DESENVOLVIMENTO DAS AVES SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE URUCUM (0%; 1,5%; E 3,0%)



Fonte: O Autor (2017)

A ração foi fornecida à vontade juntamente com água potável por meio de comedouros do tipo calha instalados nas gaiolas (FIGURA 7). Aos sete dias de idade as aves receberam em suas asas uma anilha com um número de identificação único para cada. A cada sete dias, até o dia antes do abate, as aves tiveram seu desempenho analisado durante todo o período de criação, sendo realizadas pesagens de cada uma das aves e o valor aferido anotado. Para o cálculo do consumo de ração, os lotes de 50 kg de cada tratamento de ração foram divididos em 5 lotes de 10 kg cada, identificados e armazenados. A ração consumida foi determinada pesando a quantidade de ração remanescente nos sacos de 10 kg.

O desempenho dos 30 frangos alimentados com diferentes concentrações de urucum moído foi avaliado semanalmente nos períodos de 1-7, 1-14, 14-21, 21-28 e 28-35 de idade. O Índice de Conversão Alimentar foi calculado dividindo-se o consumo de ração do animal em um período de tempo pelo ganho de peso. O Índice de Eficiência Alimentar é determinado pelo ganho de peso médio por ave no lote dividido pelo consumo médio de ração por ave.

FIGURA 7 – ALIMENTAÇÃO DAS AVES SUPLEMENTADAS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE URUCUM.



Fonte: O autor (2017)

3.5. ABATE

As aves foram abatidas com 38 dias de vida no Abatedouro Experimental da Fazenda Canguiri da UFPR. Cerca de 10 horas antes do abate as aves tiveram seu fornecimento de ração cortado. Todos os procedimentos de abate ocorreram de modo a minimizar o estresse animal, sendo seguidos todos os parâmetros éticos para o abate de aves de corte. Antes do abate as aves sofreram um atordoamento elétrico. Em seguida ao atordoamento as aves sofreram uma sangria manual, foram depenadas, evisceradas. Posteriormente foi realizada a evisceração seguida pela coleta do músculo do peito do frango (*Pectoralis major*), cada peito foi identificado, e armazenado para as análises posteriores. Os peitos analisados em até 24 horas após o abate foram armazenados em geladeira enquanto os cortes analisados entre 30 e 60 dias após o abate foram armazenados e congelados em freezer a -4°C.

3.6. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA CARNE

3.6.1. Avaliação de pH e temperatura

Logo após o abate, 90 minutos e 24 horas *post-mortem* todos os cortes de peito (total de 30) de cada tratamento tiveram o pH determinado com auxílio de um potenciômetro (MS TECNOPON, SP, Brasil), dotado de sonda para produtos cárneos, a temperatura ambiente e previamente calibrada em soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. A análise em triplicata do pH foi feita na superfície cranial ventral do corte, nas partes ventral, distal e medial do músculo. Foram feitos três pequenos cortes com, auxílio de estilete, em cada uma das partes analisadas do peito, onde a sonda do pHmêtro foi inserida e a medida do pH foi aferida. (PEDRÃO; et al., 2015). A temperatura em triplicata foi medida utilizando um termômetro espeto.

3.6.2. Determinação dos parâmetros de cor

A cor foi determinada logo após o abate, 24 horas, 30 e 60 dias após o abate seguindo-se a metodologia proposta por Laack et al., (2000), utilizando um colorímetro (HUNTER LAB®) miniscan XE PLUS, iluminante D65 e ângulo 45/0 no sistema CIELAB, avaliando-se os parâmetros L*(luminosidade), a* (teor de vermelho-verde) e b* (teor de amarelo-azul). A determinação dos parâmetros de cor, em triplicata, foi feita na superfície cranial ventral do corte, nas partes ventral, distal e medial do músculo, sendo para isso utilizados 3 peitos de cada tratamento em cada um dos períodos de tempo. As análises foram feitas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná.

3.6.3. Avaliação da perda de água por gotejamento (*drip loss*)

A perda de água por gotejamento (*Drip Loss*) foi avaliada em triplicata pela diferença de peso inicial e final, após uma amostra de 5g de carne ser suspensa em um ambiente fechado de poliestireno e armazenada a 4°C por 48 horas. (LAACK et al., 2000). Para a análise, 3 peitos de frango de cada tratamento foram selecionados.

3.6.4. Avaliação da capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água foi avaliada, em triplicata, 24 horas *post mortem*, colocando-se cubos de 1 grama do músculo peitoral de 3 aves entre 2 lâminas de papel filtro e entre 2 placas de acrílico. Sob esse sistema foi aplicado uma força de 5 kg por 5 minutos, e o peso final foi mensurado. (LAACK et al., 2000).

3.6.5. Avaliação da perda de água por cocção

A perda de água por cocção foi avaliada em triplicata pelo método desenvolvido por Honikel (1998), medindo-se o peso inicial antes do cozimento e o peso final, após aproximadamente 5,0 g de 3 peitos de cada tratamento serem cozidos em banho-maria até atingirem a temperatura de 72°C.

3.6.6. Força de cisalhamento e textura

A força de cisalhamento, realizada em heptaplicata em 3 peitos, usando cubos cozidos de 1cm X 1cm X 1cm foi medida com auxílio de um texturômetro (CT3 texture analyser Brookfield), sendo que as fibras do músculo estavam no sentido perpendicular ao sentido da lâmina. (LUIGGI, 2015). Para a análise, usou-se peso padrão de 5,0kg e padrão rastreável, com velocidade de descida do dispositivo de 10mm/s, a lâmina selecionada para o teste foi a Warner-Bratzler

O perfil de textura (TPA) foi analisado em heptaplicata pela metodologia proposta por Carvalho et al., (2017), usando-se cubos do meio peito cru de 1 X 1 X 1cm. A cada cubo foram aplicados dois ciclos de compressão, onde as amostras foram comprimidas a 40% do seu tamanho original com o auxílio de uma probe cilíndrica de 5cm de diâmetro. A velocidade de teste aplicada foi de 5mm/s. Além do mais foi utilizada uma velocidade de pré-teste de 5.0 mm/s, velocidade de pós-teste 10.0 mm/s, sendo os resultados expressos em Newtons (N).

O perfil de textura resulta em valores de dureza, coesividade (capacidade das moléculas de manterem unidas), mastigabilidade (força que o alimento insere sobre quem o está mastigando) e resiliência (capacidade do produto ganhar novamente seu tamanho após ser comprimido). Esses parâmetros são vitais para a identificação de um corte PSE, além de serem notados pelo consumidor final do produto. (CARVALHO et al., 2017).

3.7. AVALIAÇÃO DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA E *WARMED OVER FLAVOR* (WOF)

A oxidação lipídica do peito de frango foi avaliada nos tempos de 24 horas, 30 e 60 dias após o abate das aves utilizando a metodologia de substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), onde o complexo de cor rosada formado pela condensação de dois mols de ácido 2-tiobarbitúrico com substâncias reativas a ele é analisado por espectrofotômetro à 532nm. (TORRES et al., 1989; MADSEN et al., 1996). Para isso foi pesado 10 g de amostra moída, adicionados 98mL de água destilada, 2mL de ácido clorídrico 4M, 2 gotas de solução anti-espumante e pérolas de vidro. A solução resultante foi destilada em um aparelho de destilação de Friedrich modificado e chapa aquecedora, sendo coletados 50 ml em erlenmeyer de 125 ml. As análises foram feitas em triplicatas. Após a destilação de todas as amostras, 5mL do destilado foi pipetado em tubo de ensaio, seguido de adição de 5mL de TBA 0,02 M, e aquecimento em banho-maria por 35 minutos, resfriado e feita a leitura em espectrofotômetro.

A oxidação lipídica também foi avaliada 24 horas, 30 e 60 dias em cubos de cerca de 50g do peito que foram submetidos ao processo de *Warmed Over Flavor*. Para isso cubos de 50g do peito eram cozidos em banho-maria até atingirem a temperatura interna de 72°C, embalados em bandejas de isopor, cobertos por plástico filme, e submetidos a resfriamento em geladeira por 48 horas sob efeito de uma lâmpada para estimular a oxidação do seu conteúdo lipídico. (KIM et al., 2016). Passadas as 48 horas os cubos eram reaquecidos em banho-maria e a medida da oxidação lipídica era realizada pela metodologia do TBARS.

3.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os resultados foram submetidos à uma análise de variância (ANOVA) e comparação de médias usando o teste Tukey com de 5% de significância, para isso foi empregado o programa STATISTICA 8.0. (STATSOFT, 2007). Valores de médias e desvio padrão foram calculados utilizando o software Excel 2016.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA PROXIMAL DA SEMENTES DE URUCUM

Um total 15,198 kg de semente de urucum frescas foram obtidas após a retirada das cachopas do urucum. As sementes foram secas em estufa à 50°C e moídas em moinho comercial resultando 4,2 kg de pó vermelho-alaranjado, com partículas de diâmetro médio de $105,67 \pm 1,17 \mu\text{m}$. As sementes frescas apresentaram umidade média de $71,75\% \pm 1,276$ enquanto que as secas apresentaram umidade média de $9,35\% \pm 0,78$. A tabela 4 apresenta a composição centesimal das sementes de urucum desidratadas.

Os resultados de composição centesimal da matéria prima são de extrema importância para verificar a adequação nutricional da dieta animal (VALERIO et al., 2015), além da verificação da ausência de agentes anti-nutricionais que trariam efeitos deletérios ao desenvolvimento das aves. (LUIGGI, 2015).

Elevadas concentrações de lipídeos nas sementes do urucum dificultam o processo de obtenção de corantes via saponificação, porém facilitam a obtenção do corante por meio de extração com óleo vegetal, isso demonstra a importância do conhecimento das características físico químicas das amostras a serem utilizadas. (CARVALHO et al., 2010).

As sementes de urucum secas apresentaram significativos valores de fibra bruta (13,09 %) carboidratos (57,27 %) e proteínas (10,67%). Esses resultados obtidos estão coerentes com os resultados obtidos em outros estudos (BARBOSA-FILHO et al., 1998; LUIGGI, 2015; VALERIO et al., 2015)

TABELA 4 - COMPOSIÇÃO CENTESIMAL (%) DAS SEMENTES DE URUCUM DESIDRATADAS

Parâmetros	Percentual*
Umidade	$9,35 \pm 0,78$
Proteína Bruta	$10,67 \pm 0,98$
Lipídeos totais	$4,79 \pm 0,35$
Cinzas	$4,83 \pm 1,12$
Fibra Bruta	$13,09 \pm 0,99$
Carboidratos	$57,27 \pm 0,91$
DGM**	$119,98 \pm 1,97$

*Valores médios de 3 repetições \pm desvio padrão. **DGM: diâmetro geométrico médio da partícula Fonte: O Autor (2017).

O teor total de bixina calculado pela metodologia proposta pelo IAL foi de 2,032%, sendo esse valor esperado, uma vez que se encontra próximo aos valores obtidos por diversos

estudos que avaliaram a quantidade de bixina presente em variedades de *Bixa orellana*. (CARVALHO et al., 2010; MANTOVANI, et al., 2013).

4.2.COMPOSIÇÃO QUÍMICA PROXIMAL DAS RAÇÕES ELABORADAS

Os três lotes de ração produzidos totalizaram 150 kg, sendo 50 kg de ração sem urucum (branco), 50 kg de ração com adição de 1,5% de urucum (Tratamento 01) e 50 kg de ração com adição de 3,0% de urucum (Tratamento 02). Os resultados da composição química proximal das 3 rações elaboradas podem ser visualizados na tabela 5.

TABELA 5 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA PROXIMAL DAS RAÇÕES

Parâmetros	CTRL** (%)	TT01** (%)	TT02** (%)
Umidade	9,34 ± 0,67	10,39 ± 0,98	10,85 ± 1,18
Proteína Bruta	19,23 ± 1,16	20,31 ± 0,99	20,60 ± 0,91
Lipídeos totais	4,43 ± 0,59	4,49 ± 0,75	4,66 ± 0,61
Cinzas	5,50 ± 0,89	5,68 ± 0,80	5,41 ± 0,99
Fibra Bruta	5,45 ± 0,76	4,07 ± 1,12	4,18 ± 1,05
Carboidratos	56,05 ± 0,87	55,06 ± 0,58	54,30 ± 0,48

Valores médios de 3 repetições ± desvio padrão. CTRL**: Controle (0% urucum), TT01**: Tratamento 01(1,5% de urucum), TT02**: Tratamento 02 (3,0% de urucum), Fonte: O autor (2017).

Os valores encontrados estão dentro do esperado, pois, assemelham-se ao observados em outros experimentos (SANTOS et al., 2014), bem como nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2005). Segundo Rostagno et al. (2005) o principal componente presente numa ração balanceada deve ser a proteína, sendo que os valores ideais devem se situar entre 18 e 22% .

A umidade da ração apresentou valores esperados o que é essencial pois rações úmidas tornam-se sujeitas a contaminação, principalmente por fungos causando efeitos negativos no desempenho das aves ou mesmo mortalidade dos animais. (ROSTAGNO et al., 2005).

A ração produzida atendeu as exigências nutricionais dos animais, não havendo a presença de elementos anti-nutricionais permitindo aos frangos terem desenvolvimento e desempenho dentro do esperado.

Os resultados da análise de granulometria das rações, expressos em diâmetro médio de partículas (μm), são apresentados na tabela 6. Não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos ($P>0,05$). Esse resultado foi o esperado e corrobora com os estudos feitos por

Flemming et al., (2002), que avaliaram granulometria de diversas rações comerciais para aves de corte.

A granulometria do urucum moído é importante porque as aves apresentam dificuldades de alimentação se as partículas da ração forem maiores ou menores que os seus bicos, além das aves jovens conseguirem identificar diferenças nos tamanhos das partículas, preferindo se alimentar de partículas maiores. (MORAN, 1982). Partículas de tamanhos desfavoráveis para as aves podem afetar significativamente seu desempenho e ganho de peso, sendo que partículas muito grandes demoram mais para passar da moela para o intestino do animal, comprometendo seu rendimento. (GODOY; FLEMMING et al., 2002).

TABELA 6 - GRANULOMETRIA DAS RAÇÕES ELABORADAS

Lote	DGM (μm)
Controle (0%)	$680 \pm 1,87^a$
Tratamento 01 (1,5%)	$688 \pm 2,31^a$
Tratamento 02 (3,0%)	$685 \pm 1,99^a$

Valores médios de 3 repetições \pm desvio padrão. DGM: diâmetro geométrico médio da partícula.

4.3. DESEMPENHO DOS ANIMAIS

Os parâmetros de ganho de peso, peso médio de cada lote, consumo de ração por lote, consumo médio de ração por ave, conversão alimentar média e eficiência alimentar foram avaliados e os resultados se encontram nas tabelas de 7 a 12.

O ganho de peso médio das aves avaliado é apresentado na tabela 7. Não foram observados efeitos no ganho de peso médio das aves em decorrência da inclusão de pó de urucum moído na ração. Este resultado é desejável, pois demonstra que o urucum não afetou de forma negativa o ganho de peso médio nem o crescimento das aves. Estes resultados são condizentes com os encontrados por Luiggi, (2015) e Souza et al., (2015), nos quais a suplementação da alimentação de aves com derivados de urucum não afetou o desempenho dos animais.

TABELA 7 - GANHO DE PESO MÉDIO EM GRAMAS DOS FRANGOS

Condição	1-14 dias	14-21 dias	21-28 dias	28-35 dias
Controle	$251,70 \pm 1,78$	$428,94 \pm 0,99$	$473,80 \pm 1,01$	$689,30 \pm 1,56$
TT01	$215,22 \pm 1,99$	$422,88 \pm 1,12$	$508,11 \pm 0,87$	$749,55 \pm 1,98$
TT02	$232,55 \pm 2,12$	$433,11 \pm 1,89$	$472,80 \pm 1,90$	$700,10 \pm 1,20$

Valores médios \pm desvio padrão. Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum).

Com 1 dia de idade, as aves, apresentam asas muito frágeis para aplicação de identificadores, sendo assim, as aves foram pesadas como um lote, contendo 10 aves por lote. O peso total de cada lote é apresentado na tabela 8.

TABELA 8 - PESO INICIAL DOS LOTES DE AVES A SEREM SUPLEMENTADAS COM URUCUM.

Condição	Peso total do lote (g)
Controle (0%)	460
Tratamento 01 (1,5%)	465
Tratamento 02 (3,0%)	495

Valores médios \pm desvio padrão. Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum).

Aos 7 dias de idade as aves receberam sua anilha de identificação e passaram a ser pesadas individualmente permitindo o cálculo do peso médio das aves por lote aos 7; 14; 21; 28 e 35 dias, esses valores estão apresentados na tabela 9.

TABELA 9 - PESO MÉDIO DAS AVES SUPLEMENTADAS COM URUCUM (g)

Lote	7 Dias	14 Dias	21 Dias	28 Dias	35 Dias
Controle	142,75 \pm 0,89	394,45 \pm 0,99	823,40 \pm 0,88	1297,20 \pm 0,77	1985,5 \pm 0,99
Tratamento 01	125,45 \pm 0,76	338,22 \pm 0,91	761,77 \pm 0,81	1269,88 \pm 0,65	2019,55 \pm 1,03
Tratamento 02	124,55 \pm 0,71	357,10 \pm 0,87	790,20 \pm 0,94	1263,00 \pm 0,78	1963,10 \pm 0,78

Valores médios \pm desvio padrão. Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum).

Não foi observada diferença entre os tratamentos, sendo esse resultado favorável, uma vez demonstra que a adição do urucum na ração não trouxe efeitos negativos ao peso das aves, mostrando-se viável a suplementação da ração com níveis de até 3%. Estudos prévios demonstraram que a suplementação da ração das aves em níveis acima de 3% de urucum pode ser prejudicial ao desempenho dos animais. (SILVA et al., 2000, 2005; LUIGGI, 2015).

As aves com 35 dias de idade apresentaram peso médio semelhante ao indicado por Rostagno et al., (2005) na Tabela Brasileira para Aves e Suínos. Condições no espaço de criação das aves impossibilitaram o manejo das mesmas até os 45 dias de idade.

O consumo médio de ração por ave foi avaliado nos dias 7; 14; 21; 28 e 35 de idade das aves e é apresentado na tabela 10. Os resultados sugerem que as aves não rejeitaram a ração contendo urucum moído na sua composição.

TABELA 10 - CONSUMO MÉDIO DE RAÇÃO POR AVE EM Kg

Lote	1-7 Dias	7-14 Dias	14-21 Dias	21-28 Dias	28-35 Dias
Controle	142,12	367,80	478,9	652,00	903,4
Tratamento 01	102,30	321,11	433,22	654,44	946,66
Tratamento 02	112,30	340,0	438,4 \pm 0,91	619,80	932,8

Valores médios. Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum).

Comparando o ganho de peso médio com o consumo médio de ração por ave, nota-se que esses valores são diretamente proporcionais, quanto mais as aves se alimentam, mais elas tendem a ganhar peso. Além do mais isso demonstra que houve pouco desperdício de ração, ou seja, a maior parte da ração contabilizada como consumida foi realmente consumida pelos animais.

O consumo de ração por ave encontra-se dentro do esperado, pois assemelha-se ao encontrado no Manual do Manejo do Frango Cobb 500 e na Tabela Brasileira para Aves e Suínos (COBB-VANTRESS, 2008; ROSTAGNO et al., 2005)

O índice de conversão alimentar (ICA) é a medida do consumo de ração do animal em um período de tempo pelo ganho de peso, esses valores foram avaliados nos dias 14, 21, 28 e 35 de idade das aves e estão representados na tabela 11. Avaliar a conversão alimentar dos animais é essencial para elaborar um programa nutricional adequado, bem como avaliar o seu desempenho semanalmente.

A cada semana os animais apresentaram médias similares de conversão alimentar por tratamento. Os resultados estão semelhantes com os encontrados por LUIGGI (2015) que alimentou aves por 41 dias com extrato oleoso de urucum.

O ICA equivale a dizer que para cada quilo de ganho de peso da ave foram necessários o valor calculado em quilograma de ração. Até os 14 dias de vida dos frangos, para cada quilograma de peso que eles ganharam, foram consumidos $1,46 \pm 0,02$ kg de ração. Aos 21 dias de idade, para cada quilo, foram consumidos $1,01 \pm 0,05$ kg de ração. Comparando os animais de todos os tratamentos com 14 e 21 dias de vida, pode-se dizer que houve melhora na conversão alimentar, pois precisou-se consumir menos ração para o ganho de peso do animal. Entretanto aos 28 e 35 dias de idade os animais voltaram a apresentar conversão alimentar estatisticamente semelhante aos 14 dias, mostrando que a melhora na conversão alimentar se deu apenas aos 21 dias de idade dos frangos. Isso pode-se explicar pela dificuldade que os animais têm de manter sua temperatura corporal quando ainda jovens, dos 14 aos 21 dias de vida os frangos consumiram menos ração devido as dificuldades em manter a temperatura na sala de manejo homogênea.

TABELA 11 - ÍNDICE DE CONVERSÃO ALIMENTAR

Lote	1-14 dias	14-21 dias	21-28 dias	28-35 dias
Controle	1,46	1,01	1,37	1,31
TT01	1,49	1,02	1,28	1,26
TT02	1,46	1,01	1,31	1,33
Média	1,47 ± 0,02	1,01 ± 0,05	1,31 ± 0,04	1,31 ± 0,03

Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum).

O Índice de Eficiência Alimentar (IEA) é medido pelo ganho de peso médio por ave em cada lote, dividindo-se pelo consumo médio de ração por ave. Essa avaliação denota a eficiência da ave para converter a ração consumida em peso vivo. Aumentando-se o IEA significa que houve uma melhora no desempenho do animal. Os valores calculados de eficiência alimentar são expressos na tabela 12.

TABELA 12 - ÍNDICE DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR NAS AVES ALIMENTADAS COM URUCUM

Lote	14 dias	21 dias	28 dias	35 dias
Controle	0,68	0,89	0,72	0,76
TT01	0,67	0,97	0,77	0,79
TT02	0,68	0,98	0,76	0,75
Média	0,67 ± 0,02	0,94 ± 0,05	0,75 ± 0,04	0,75 ± 0,03

Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum).

A cada semana os animais apresentaram médias similares de eficiência alimentar por tratamento, porém semelhante a ICA, no dia 21 de idade as aves tiveram uma diferença com relação aos outros dias, fato esse também explicado pelo menor consumo de ração dos 14 aos 21 dias de vida das aves devido a problemas de manutenção de temperatura. Contudo as aves mostraram-se 94% eficiente em converter a ração consumida em peso vivo, o que demonstra que mesmo havendo problemas na manutenção da temperatura durante essa semana os animais não tiveram seu desempenho muito afetado.

4.4. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA CARNE *POST MORTEM*

4.4.1. pH

Os resultados médios de pH medidos logo após ao abate, 90 minutos e 24 horas estão representados na tabela 13.

TABELA 13 - ALTERAÇÃO DE pH OBSERVADA NO PEITO DE AVES SUPLEMENTADAS COM URUCUM.

Lote	Pós abate	90 minutos	24horas
Controle	7,05 ± 0,10 ^{a A}	6,72 ± 0,11 ^{a A}	6,09 ± 0,08 ^{a B}
TT01	6,94 ± 0,20 ^{a A}	6,73 ± 0,10 ^{a A}	5,80 ± 0,02 ^{a B}
TT02	6,97 ± 0,16 ^{a A}	6,64 ± 0,18 ^{a A}	5,81 ± 0,14 ^{a B}
Média	6,97 ± 0,05	6,64 ± 0,04	5,81 ± 0,21

^{a,b,c} Na mesma coluna sobrescritos diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$). ^{A,B}: Sobrescritos maiúsculos diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) Teste de Tukey. Valores médios ± desvio padrão. Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum).

O pH dos peitos avaliados apresentou-se ligeiramente reduzido 24 horas após o abate, como era esperado. Houve diferença estatística ($p < 0,05$) confirmando que as médias do pH 24 horas após o abate, para os 3 tratamentos, era significativamente diferente dos valores de pH logo após e 90 minutos após o abate. Pode-se notar que a adição de urucum na alimentação das aves teve uma medida protetiva no pH dos cortes pós abate, pois não foi observado uma queda brusca nos valores medido, carnes que são afetadas pela síndrome do PSE geralmente apresentam uma queda acentuada na curva de pH cerca de 90 minutos após o abate. (CARVALHO et al., 2017).

Os valores de pH analisados foram semelhantes aos observados em outros estudos que avaliaram o uso de urucum como ração animal, bem como a incidência do PSE em frangos (LUIGGI, 2015; CARVALHO et al., 2017), não havendo efeitos deletérios no desempenho do animal, bem como observando uma certa protetividade ao pH dos cortes, a suplementação com o urucum se mostrou válida.

De acordo com Lara et al., (2002) a síndrome PSE em frangos pode ser detectado pela combinação de fatores, entre eles, valores de pH abaixo de 5,8 aferido 24 horas após o abate. Valores de pH abaixo de 5,8 não foram notados 24 horas após o abate, caracterizando os cortes obtidos como não PSE.

4.4.2. Análise Colorimétrica

4.4.2.1. Luminosidade L^*

A carne de frango possui a peculiaridade de ser a única espécie conhecida que possui músculos com cores extremas: o peito apresenta cor rosa pálida, enquanto a coxa e sobrecoxa possuem coloração vermelha intensa, in natura, sendo que a literatura registra que a coloração dos cortes de frango é altamente influenciada pela alimentação dos animais com os carotenoides chamados xantofilas. (HARDER et al., 2010).

Os valores de L^* são os principais parâmetros para se avaliar a coloração do peito de frango, sendo que valores ótimos devem estar entre 49-50. (BARBUT et al., 1985). Valores elevados de L^* indicam peitos com coloração clara, enquanto valores mais baixos que 49 são indicativos de carne escura. (ROCHA GARCIA et al., 2010).

A avaliação da luminosidade (L^*) nos cortes de peito de frango (TABELA 14) demonstrou que a suplementação da ração das aves com urucum promoveu aumento da luminosidade, sendo observadas diferenças ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Os cortes de peito das aves suplementadas com urucum apresentaram valores significativamente maiores que os cortes das aves controle. Durante o armazenamento congelado (30 e 60 dias) as amostras controle apresentaram aumento da luminosidade após o 30º dia de congelamento, no entanto, embora os cortes suplementados tenham de forma geral apresentado maior luminosidade esses valores não evoluíram significativamente durante a estocagem. A elevação da luminosidade de peitos de frango durante o armazenamento congelado indica que a carne perdeu a cor, tornando-se mais clara devido ao rompimento de células musculares do peito e desnaturação de proteínas sarcoplasmáticas e consequente exsudação. (DROVAL, 2011).

A coloração da carne é um parâmetro sensorial de extrema importância, visto que consumidores associam a cor do produto à qualidade e frescor, características que interferem diretamente na decisão da compra do consumidor. (FLETCHER, 1999; LUIGGI, 2015).

Os valores de luminosidade observados (tabela 14) estão mais elevados do que os encontrados em outros estudos que analisaram a incidência do PSE em frangos (DROVAL et al., 2015) e a suplementação com extrato oleoso de urucum (LUIGGI, 2015), porém, inferiores aos resultados encontrados por Harder et al., (2010) que avaliaram a cor do peito de frangos alimentados com urucum, após cozimento, encontrando valores de L^* entre 70-75.

Valores de luminosidade acima de 53, aferidos até 24 horas após o abate são indicativos de carne PSE, (LARA et al., 2002) porém apenas esse valor isolado não indica que

a carne é PSE, o conjunto de resultados de pH, cor, textura e capacidade de retenção de água devem ser avaliados como um todo para se determinar se pode ser classificada como PSE. (GAYA; FERRAZ, 2006). Autores relatam que apenas a união de valores de pH abaixo de 5,7 com valores de luminosidade acima de 57 podem ser indicativos de carne PSE. (LUIGGI, 2015).

TABELA 14 - LUMINOSIDADE L* EM PEITOS DE FRANGO SUPLEMENTADOS COM URUCUM

Lote	Após abate	24 horas após abate	30 dias após o	60 dias após o
Controle	54,58 ± 1,50 ^{a A}	56,84 ± 1,71 ^{a A}	57,73 ± 1,62 ^{a B}	57,25 ± 1,81 ^{a B}
Tratamento 01	59,33 ± 1,29 ^{b A}	61,55 ± 1,39 ^{b A}	60,14 ± 1,99 ^{b A}	61,57 ± 1,74 ^{b A}
Tratamento 02	59,82 ± 1,20 ^{b A}	61,90 ± 1,73 ^{b A}	60,15 ± 1,93 ^{b A}	60,25 ± 1,99 ^{b A}

^{a,b,c} Na mesma coluna sobrescritos diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$). ^{A,B}: Sobrescritos maiúsculos diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) Teste de Tukey. Valores médios ± desvio padrão. Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum).

4.4.2.2. Parâmetros de cor vermelha (a^*) e amarela (b^*) em peitos suplementados com urucum

A cor da carne é uma característica que influencia o consumidor no momento da compra, constituindo um indicativo indireto da vida de prateleira do produto. A cor vermelha é característica de produtos cárneos em geral constituindo um fator determinante para a aceitação junto aos consumidores.

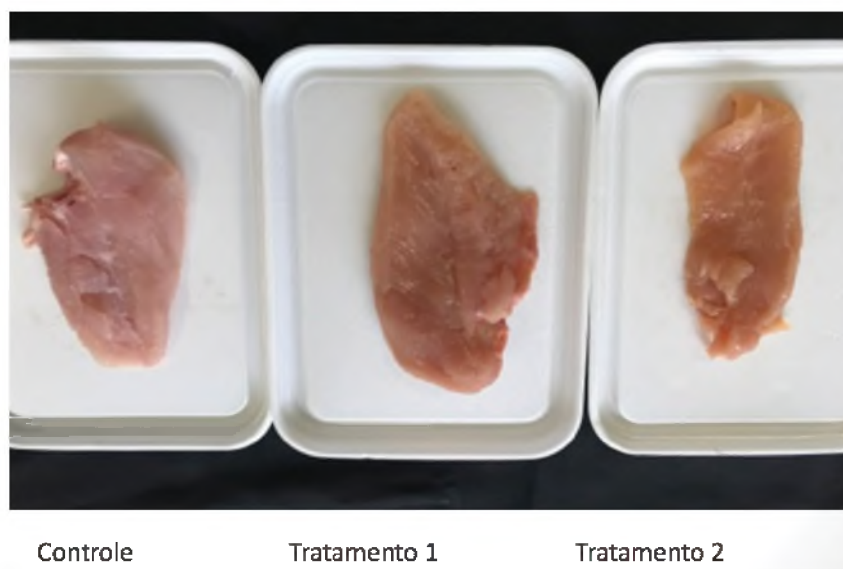
Os valores para os teores de vermelho (a^*) estão expressos na tabela 15. Como esperado, os cortes de peito das aves que se alimentaram de urucum apresentaram valores significativamente mais elevados que as aves controle ($p < 0,05$). A suplementação com 3% de urucum proporcionou valores médios para coloração vermelha de 7,89, uma intensidade 76% superior ao lote controle (4,47) e aproximadamente 24% maior que a suplementação com 1,5%. A diferença na intensidade das cores vermelha e amarela podem ser visualizados na figura 8, onde observa-se claramente como o peito das aves suplementadas distingue-se do controle.

TABELA 15 – PARÂMETRO DE COR VERMELHA (a^*) DURANTE O ARMAZENAMENTO DE PEITOS DE FRANGO SUPLEMENTADOS COM URUCUM

Lote	Após abate	24 horas após abate	30 dias após o abate	60 dias após o abate	Média
Controle	4,87 ± 1,09 ^{a A}	5,17 ± 1,65 ^{a A}	4,87 ± 1,41 ^{a A}	4,00 ± 1,62 ^{a B}	4,47 ± 1,32
Tratamento 01	6,25 ± 1,01 ^{b A}	6,4 ± 1,24 ^{b A}	6,14 ± 1,29 ^{b A}	6,74 ± 1,69 ^{b A}	6,38 ± 1,38
Tratamento 02	8,49 ± 1,12 ^{c A}	7,95 ± 1,37 ^{b B}	7,37 ± 1,33 ^{b B}	7,75 ± 1,02 ^{b B}	7,89 ± 1,39

^{a,b,c} Na mesma coluna sobrescritos diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$). ^{A,B}: Sobrescritos maiúsculos diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) Teste de Tukey. Valores médios \pm desvio padrão. Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum).

FIGURA 8 - DIFERENÇAS NAS COLORAÇÕES DOS CORTES DE PEITO DE FRANGO NOS TRÊS TRATAMENTOS LOGO APÓS O ABATE, CONTROLE (0%), TRATAMENTO 1 (1,5%) E TRATAMENTO 2 (3,0%).



No controle e nas amostras submetidas ao tratamento 2 (3% de urucum) se verifica um declínio na intensidade da cor vermelha durante o período de armazenamento, comportamento não verificado no lote alimentado com 1,5% de urucum. A não uniformidade de comportamento é resultante possivelmente da heterogeneidade das amostras cárneas avaliadas.

Em produtos alimentícios onde se utiliza o urucum como corante geralmente se observa maiores intensidades dos parâmetros vermelho e amarelo, esse comportamento se repetiu nos peitos de aves suplementadas com urucum. Houve diferenças significativas ($p < 0,05$) para os tratamentos, mais uma vez mostrando que o urucum foi capaz de aumentar os parâmetros de cor para os peitos analisados (TABELA 16).

TABELA 16 - PARÂMETRO DE COR AMARELA (b*) DURANTE O ARMAZENAMENTO DE PEITOS DE FRANGO SUPLEMENTADOS COM URUCUM

Lote	Após abate	24 horas após abate	30 dias após o abate	60 dias após o abate	Média
Controle	9,87 ± 1,09 ^{aA}	12,06 ± 1,28 ^{aB}	13,48 ± 0,99 ^{aB}	12,51 ± 1,87 ^{aB}	11,98 ± 1,65 ^a
Tratamento 01	13,10 ± 1,12 ^{bA}	16,07 ± 1,01 ^{bB}	16,99 ± 0,91 ^{bB}	16,51 ± 1,55 ^{bB}	16,66 ± 1,34 ^a
Tratamento 02	17,39 ± 1,37 ^{cA}	18,03 ± 1,67 ^{bA}	18,85 ± 1,17 ^{bA}	18,05 ± 1,87 ^{bA}	18,08 ± 1,39 ^c

^{a,b,c} Na mesma coluna sobrescritos diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$). ^{A,B}: Sobrescritos maiúsculos diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) Teste de Tukey. Valores médios ± desvio padrão. Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum).

A suplementação com 3% de urucum propiciou valores médios dos parâmetros b* (18,08) aproximadamente 50% superiores ao controle 11,98 e 8% superiores ao lote tratado com 1,5% (16,66). Controle e tratamento 1,5% apresentaram aumento da cor amarela nas primeiras 24 horas após o abate e mantiveram essa intensidade durante o armazenamento, por outro lado, os peitos suplementados com 3% de urucum mantiveram valores próximos desde o abate até o final dos 60 dias de armazenamento.

Segundo Brewer, (2004) a carne de peito de frango geralmente possui baixa concentração de pigmentos, apresentando geralmente uma coloração amarelo pálido. Assim a coloração apresentada nas carnes das aves suplementadas com urucum ocorre devido os pigmentos do urucum terem se depositado nas células musculares do animal.

Lee, et al., (2001) sugerem que apenas os valores de a* e b* são considerados válidos para quantificar a real coloração da carne, enquanto os valores de L* não seriam representativos. Os valores de a* e b* encontrados apresentaram-se mais elevados quando comparados a outros trabalhos que suplementaram a ração de frangos com antioxidantes naturais (HAILA, K M et al., 1996; FERREIRA et al., 2011; LUIGGI, 2015) reforçando a capacidade corante do urucum também quando utilizado como suplemento nutricional. Fernández-García et al., (2012) demonstraram que os carotenoides xantofilos, como a luteína e a zeaxantina, também contribuem para a pigmentação da carne dos frangos.

Sabendo que os consumidores brasileiros preferem carnes de coloração intensa, os valores de a* sugerem que os peitos avaliados teriam uma boa aceitação pelo consumidor (HARDER et al., 2010), porém análises sensoriais devem ser realizadas para avaliar a aceitação do consumidor pelos cortes pigmentados por urucum.

4.4.3. Umidade e Capacidade de Retenção de Água

A suplementação dos frangos com urucum influenciou de forma positiva a umidade em cortes de peito. Houve um significativo aumento no conteúdo de água independente da concentração de urucum suplementada, no entanto, o aumento dos níveis de urucum na ração não propiciou diferença significativa nas médias observadas (TABELA 17)

TABELA 17 – UMIDADE DOS PEITOS DE FRANGO SUPLEMENTADOS COM URUCUM

Lote	Umidade %
Controle	70,86 ± 1,70 ^a
Tratamento 01	74,08 ± 1,80 ^b
Tratamento 02	74,53 ± 1,52 ^b

^{a,b,c} Na mesma coluna sobrescritos diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$). Valores médios ± desvio padrão. Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum).

Os resultados de umidade obtidos encontram-se dentro dos limites permitidos pela legislação brasileira para cortes de peito de frango, delimitados entre 67,16 e 75,84% (BRASIL, 2010). A umidade é um fator que influencia sobremaneira as características PSE, pois, o maior conteúdo de água influenciará fatores como a capacidade de retenção de água, perdas por cocção e perdas por gotejamento.

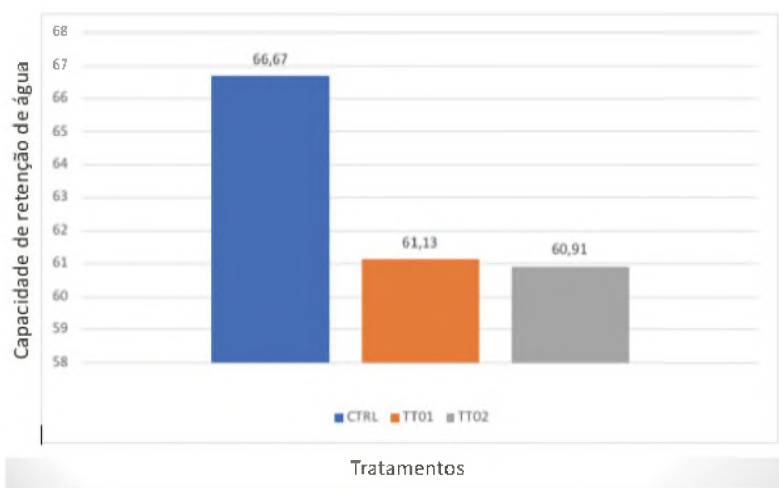
Os valores de capacidade retenção de água são importantes para a identificação da carne PSE, pois os cortes afetados pela síndrome são exudativos, ou seja, limitados quanto a capacidade de reter a água interna do músculo devido a desnaturação de proteínas musculares miofibrilares e sarcoplasmáticas. (BENDALL; WISMER-PEDERSEN, 1961). ROQUE (2009) avaliando a capacidade de retenção de água em diversos cortes de carne observou menores valores de CRA em cortes com pH entre 5,2-5,5 e os maiores valores em peças cárneas com pH entre 5,8 e 6,0.

A CRA é medida pela quantidade de água perdida por meio de uma aplicação de força externa ao corte, como a prensagem do tecido. Reduzida capacidade de retenção de água implica em perda do valor nutricional da carne, bem como redução da suculência e comprometimento da maciez, resultando na rejeição pelo consumidor. (PINHEIRO et al., 2009). Esse comportamento faz com que a utilização de um aditivo eficiente na redução da perda de água e aumento da capacidade de retenção de água apresente destacado interesse pela indústria cárnea (LAACK et al., 2000; OLIVO et al., 2001; ROCHA GARCIA et al., 2010)

De acordo com Bressan & Beraquet (2012), o mercado consumidor apresenta elevada exigência quanto à qualidade das características físicas da carne. Dessa forma, um aditivo natural que seja eficiente na redução da perda de água por cocção se faz importante para a qualidade da carne. (PINHEIRO et al., 2009).

As médias de CRA obtidas (gráfico 2) apresentaram discrepância ($p < 0,05$) entre os tratamentos avaliados. A CRA foi maior nas amostras controle e o resultado possivelmente se justifica em razão da maior umidade nos cortes oriundos de frango suplementados, dado o maior conteúdo de água quando expostos à pressão os cortes perdiam mais água.

GRÁFICO 2 – CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA EM PEITOS SUPLEMENTADOS COM URUCUM



a, b, c: Médias contendo diferentes sobrescritos indicam diferença significativa ($p < 0,05$). Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum).

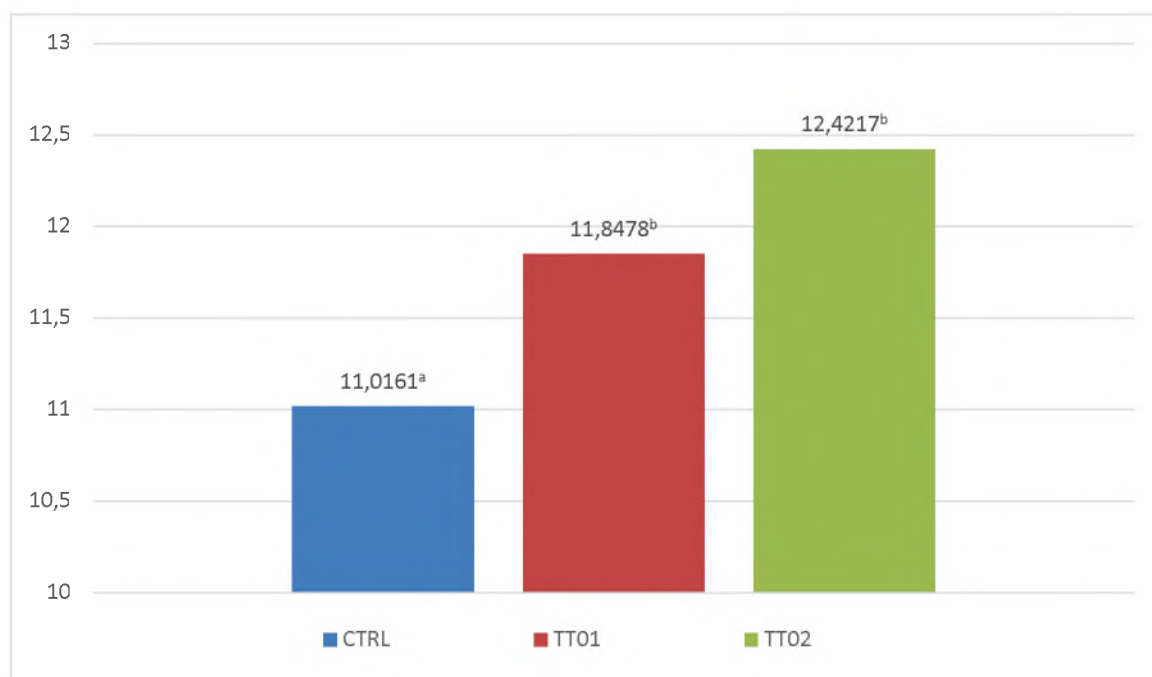
4.4.4. Perda de água por gotejamento (*Drip Loss*)

Os valores de *Drip Loss* aliados às medidas de cor, pH e textura são parâmetros essenciais para a determinar se a carne se caracteriza como PSE. A perda de água por gotejamento (*drip loss*) se justifica pela desnaturação das proteínas musculares responsáveis pela manutenção da água nos cortes da carne. (ROSENVOLD; ANDERSEN, 2003).

A diferença na perda de água por drip loss nos 3 tratamentos foi significativa ($p < 0,05$) porém pequena comparando-se com outros estudos que empregaram essa técnica como medida de perda de água para avaliação de frangos PSE (gráfico 3). (FERNANDES et al., 2013; CARVALHO et al., 2014, 2017).

Os valores aferidos de perda de água para os dois tratamentos apresentaram-se ligeiramente maiores (11,85 e 12,42, respectivamente) que o do grupo controle (11,02), novamente justifica-se o maior gotejamento das amostras suplementadas em razão da maior umidade inicial.

GRÁFICO 3 - PERDA DE ÁGUA POR GOTEJAMENTO EM PEITOS DE FRANGO SUPLEMENTADOS COM URUCUM

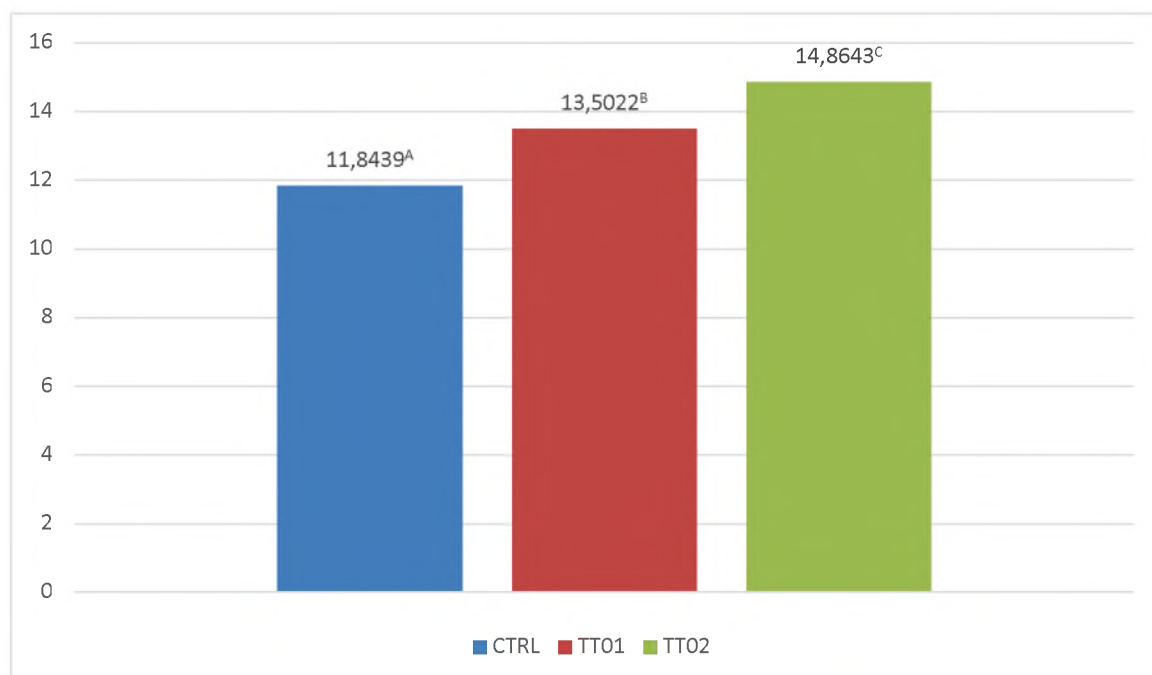


a, b, c: Médias contendo diferentes sobrescritos indicam diferença significativa ($p < 0,05$). Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum)

4.4.5. Perdas por cocção

Semelhante às medidas de perda de água por gotejamento, os peitos analisados apresentaram perdas significativas por cocção ($p < 0,05$) entre o lote controle (11,84%) e os lotes suplementados (13,50% e 14,86%) (gráfico 4). No entanto, os valores obtidos são menores que os encontrados por outros grupos que estudaram o PSE em aves não suplementadas com aditivos. (DROVAL; CARVALHO et al., 2014, 2017).

GRÁFICO 4 - PERDAS POR COCÇÃO EM PEITOS DE GRANGO SUPLEMENTADOS COM URUCUM



a, b, c: Médias contendo diferentes sobrescritos indicam diferença significativa ($p < 0,05$). Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum)

4.4.6. Oxidação Lipídica

Os valores médios de oxidação lipídica para a carne crua, obtidos logo após o abate, 24 horas após o abate e nos dias 30° e 60° dia de armazenamento após o abate estão apresentados na tabela 18.

TABELA 18 - OXIDAÇÃO LIPÍDICA DURANTE O ARMAZENAMENTO DE AVES SUPLEMENTADAS COM URUCUM

LOTE	Logo após abate	24 horas após	30 dias após abate	60 dias após abate
CTRL	0,1746 ± 0,05 ^{a A}	0,1882 ± 0,06 ^{a A}	0,3137 ± 0,04 ^{a B}	0,3171 ± 0,07 ^{a B}
TT01	0,1712 ± 0,01 ^{a A}	0,1814 ± 0,01 ^{a A}	0,2535 ± 0,02 ^{b B}	0,2603 ± 0,03 ^{b B}
TT02	0,1696 ± 0,04 ^{a A}	0,1882 ± 0,04 ^{a A}	0,2510 ± 0,02 ^{b B}	0,2518 ± 0,05 ^{b B}

a,b,c Na mesma coluna sobrescritos diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$). A,B: Sobrescritos maiúsculos diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) Teste de Tukey. Valores médios ± desvio padrão. Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum).

A evolução da oxidação é esperada em produtos cárneos submetidos ao armazenamento. (LUIGGI, 2015). De forma geral, observa-se o desenvolvimento da oxidação lipídica nas amostras controle e suplementadas durante o armazenamento. No entanto, após o 30° dia de armazenamento há uma diferença entre os níveis de oxidação presentes nas amostras

controle e nas suplementadas. Independente da concentração de urucum utilizadas os valores de TBARS foram inferiores aos observados nas amostras controle.

LUIGGI (2015) avaliando a adição de resíduo oleoso de urucum na alimentação de frangos identificou o aumento da oxidação lipídica em cortes de peito armazenados sob refrigeração, sendo que apenas após o décimo dia de armazenamento se verificou diferenças significativas entre os animais alimentados com urucum e o controle. A inclusão de 0,25% de bixina na dieta dos animais mostrou inibir a rancidez oxidativa. (MERCADANTE et al., 2010).

Os valores médios de oxidação lipídica para os cortes que tiveram a rancidez oxidativa estimuladas pela cocção e exposição a luz são apresentados na tabela 19.

TABELA 19 - *WARMED OVER FLAVOR* (mg TBARS/Kg) EM PEITO DE FRANGO SUPLEMENTADO COM URUCUM

Lote	Logo após abate	30 dias após abate	60 dias após abate	Média
CTRL	6,3592 ± 088 ^{a A}	6,2191 ± 0,55 ^{a A}	6,3007 ± 0,30 ^{a A}	6,2918 ± 0,57 ^a
TT01	7,7134 ± 0,57 ^{b A}	6,1786 ± 0,44 ^{a B}	6,2328 ± 0,39 ^{a B}	6,7082 ± 0,46 ^a
TT02	3,1028 ± 0,31 ^{c A}	4,3126 ± 0,33 ^{b B}	4,3163 ± 0,85 ^{b B}	3,9105 ± 0,49 ^b

^{a,b,c} Na mesma coluna sobrescritos diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$). ^{A,B}: Sobrescritos maiúsculos diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) Teste de Tukey. Valores médios ± desvio padrão. Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum).

De maneira geral, o cozimento acelerou o desenvolvimento dos níveis de rancidez oxidativa. A concentração de 1,5% de urucum na ração não se mostrou eficiente para contornar a oxidação lipídica sob calor e exposição à luz. A suplementação com 3% de urucum se mostrou efetiva na inibição do aroma de requeijado durante todo o período de armazenamento avaliado. Esse comportamento é relevante visto que atualmente grande parte dos alimentos semi-processados são previamente expostos ao calor e especialmente sujeitos à oxidação lipídica, contornar esse problema é ação de grande interesse e aplicação na indústria cárnea. Diversos estudos demonstram que o cozimento aumenta os níveis de oxidação lipídica nas carnes. (NIETO et al., 2010; LUIGGI, 2015). Altas temperaturas alteram a permeabilidade das membranas, facilitando a ação de agentes oxidantes, além de causarem a desnaturação de proteínas do músculo, favorecendo o ataque oxidativo de íons ferro. (RAMOS P. L. et al., 2010).

Estudos realizados incorporando derivados do urucum a produtos cárneos mostraram que os carotenoides podem reduzir a rancidez oxidativa final, mesmo após armazenamento e processamento térmico (MERCADANTE et al., 2010; LUIGGI, 2015). Mercadante et al., (2010) avaliando o efeito do colorau durante o processamento térmico de hambúrgueres de frango demonstrou que o urucum foi eficaz em reduzir a oxidação lipídica durante o

armazenamento em até 120 dias.

4.4.7. Perfil de Textura e Cisalhamento

As medidas de textura indicam parâmetros de força de cisalhamento, maciez, suculência e mastigabilidade dos cortes de carne, atributos esses que os consumidores julgam relevantes no momento da aquisição do produto. (ANADÓN,2002). As mudanças nos hábitos de consumo fazem os consumidores procurarem cortes previamente desossados e de preparo rápido, tornando os defeitos na carne mais aparentes e conduzindo a rejeição pelo consumidor (PEDRÃO; et al., 2015). Os valores encontrados para perfil de textura após o abate e 30 dias de armazenamento estão expostos na tabela 20.

Os dados obtidos são semelhantes a outros estudos que avaliaram os efeitos do PSE em carnes de frango (DROVAL; SOARES et al., 2003; PEDRÃO et al., 2015; CARVALHO et al., 2017), bem como outros estudos que avaliaram a inclusão de urucum na carne de frangos. (GAYA; FERRAZ, 2006).

TABELA 20 - PERFIL DE TEXTURA DE PEITOS DE FRANGO SUPLEMENTADOS COM URUCUM

Lote	FC*	FCA*	D*	DA*	M*	MA*	C*	C*	R*	RA*
CTRL	161 ± 0,98 ^{aA}	168 ± 0,88 ^{aA}	12,56 ± 1,53 ^{aB}	12,98 ± 1,23 ^{aB}	3,00 ± 0,92 ^{aC}	2,37 ± 0,86 ^{aC}	0,31 ± 0,02 ^{aD}	0,29 ± 0,07 ^{aD}	0,29 ± 0,02 ^{aE}	0,25 ±0,03 ^{aE}
TT01	147 ± 1,01 ^{bA}	149 ± 1,05 ^{bA}	14,89 ± 1,98 ^{bB}	16,02 ± 1,45 ^{bB}	3,99 ± 0,67 ^{bC}	3,01 ± 0,45 ^{bC}	0,42 ± 0,06 ^{bD}	0,39 ± 0,05 ^{bD}	0,32 ± 0,02 ^{aE}	0,29 ±0,05 ^{aE}
TT02	142 ± 0,87 ^{bA}	147 ± 0,78 ^{bA}	15,17 ± 1,65 ^{bB}	16,68 ± 1,90 ^{bB}	4,30 ± 0,99 ^{bC}	3,65 ± 0,67 ^{bC}	0,40 ± 0,04 ^{bD}	0,39 ±0,04 ^{bD}	0,35 ± 0,06 ^{aE}	0,29 ±0,08 ^{aE}

^{a,b,c} Na mesma coluna sobrescritos diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$). ^{A,B}: Sobrescritos maiúsculos diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$). Teste de Tukey. Valores médios ± desvio padrão *FC: força de cisalhamento (N); *FCA: força cisalhamento após 30 dias do abate (N); *D: dureza (N); *DA: dureza após 30 dias do abate (N) *M: mastigabilidade(N); *MA: mastigabilidade após 30 dias do abate(N); *C: coesividade(adimensional); *CA: coesividade após 30 dias do abate(adimensional); *R: resiliência(adimensional); *RA: resiliência após 30 dias do abate(adimensional). Controle (0% de urucum), tratamento 1 (1,5% de urucum), tratamento 2 (3,0% de urucum).

Foram constatadas diferenças significantes ($p < 0,05$) nos parâmetros de cisalhamento (FC), dureza (D), mastigabilidade (M) e coesividade (C) entre as aves suplementadas com urucum e animais controle. Essas diferenças eram esperadas pois os cortes de peito dos frangos alimentados com urucum apresentaram maior umidade, parâmetro essencial para a textura da carne. Não houve diferenças entre os valores de resiliência (R) entre os tratamentos e o controle,

demonstrando que a suplementação com urucum não trouxe efeitos sobre a resiliência dos peitos analisados.

Durante o armazenamento, independente do uso de urucum, não foram observadas diferenças segundo o aumento do período armazenamento em relação aos parâmetros de textura (força de cisalhamento, dureza, mastigabilidade e coesividade). No entanto, dada a heterogeneidade das estruturas musculares estudos complementares devem ser conduzidos para melhor avaliar o efeito da suplementação com urucum sobre o perfil de textura.

5. CONCLUSÃO

A Carne PSE é acompanhada de significativos prejuízos econômicos à indústria avícola mundial sendo de vital importância o estudo de tecnologias capazes de contornar esse problema limitante da qualidade da carne de frango e suínos. A suplementação com urucum se mostrou uma alternativa promissora para minimizar características de carnes PSE, sobretudo em relação a cor, inibição da oxidação lipídica e parâmetros de textura. Maiores estudos se fazem necessários para adequar as concentrações e condições de uso, não só em aves mas também em outras espécies suscetíveis a essa síndrome.

REFERÊNCIAS

- AGNER, A. R.; BARBISAN, L. F.; SCOLASTICI, C.; SALVADORI, D. M. F. Absence of carcinogenic and anticarcinogenic effects of annatto in the rat liver medium-term assay. **Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association**, v. 42, n. 10, p. 1687–93, 2004.
- AGUILAR, C. P.; GONZÁLEZ, M.; CIFUENTES, A. S.; SILVA, M. GROWTH AND ACCUMULATION OF TOTAL CAROTENOIDS IN TWO STRAINS OF *Dunaliella salina* Teod. (CHLOROPHYCEAE) FROM THE NORTHERN AND CENTRAL COAST OF PERÚ. **Journal of the Chilean Chemical Society**, v. 49, n. 1, p. 69–74, 2004.
- ALANO MILANEZ, F.; LORA, J. ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE RAÇÃO PARA FRANGOS DE CORTE MACHOS DE UMA EMPRESA DO SUL DE SANTA CATARINA. **Revista Curso de Farmácia da Universidade do Extremo Sul Catarinense**, , n. 3, 2008.
- ANADÓN, H. L. S. **Biological , Nutritional , and Processing Factors Affecting Breast Meat Quality of Broilers**. Tese (Doutorado em Philosophy In Animal and Poultry Sciences),faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, 2002. .
- BARBOSA-FILHO, J. M.; SILVA-FILHO, R. N.; FREITAS LIRA, B.; et al. Teor de Bixina em Quatro Variedades de *Bixa Orellana* L. Cultivadas na Paraíba. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 7–8, n. 1, p. 41–47, 1998.
- BARBUT, S.; JOSEPHSON, D. B.; MAURER, A. Antioxidant Properties of Rosemary Oleoresin in Turkey Sausage Sausage preparation. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 1356–1359, 1985.
- BAUTISTA, A. R. P. L.; MOREIRA, E. L. T.; BATISTA, M. S.; MIRANDA, M. S.; GOMES, I. C. S. Subacute toxicity assessment of annatto in rat. **Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association**, v. 42, n. 4, p. 625–9, 2004.

BENDALL, J. R.; WISMER-PEDERSEN, J. Some Properties of the Fibrillar Proteins of Normal and Watery Pork Muscle. **Danish Meat Research**, v. 60, p. 144–159, 1961.

BOUVIER, F.; ISNER, J.-C.; DOGBO, O.; CAMARA, B. Oxidative tailoring of carotenoids: a prospect towards novel functions in plants. **Trends in plant science**, v. 10, n. 4, p. 187–94, 2005.

BRASIL. Portaria nº 1004, de 11 de dezembro de 1998. , 1998.

BRESSAN, M. C.; BERAQUET, N. J. Efeito de Fattres Pré-Abate Sobre a Qualidade da Carne de Peito de Frango. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 1049–1059, 2002.

BREWER, S. MEAT Irradiation effects on meat color – a review. **Meat Science**, v. 68, p. 1–17, 2004.

BRITTON, G. Structure and properties of carotenoids in relation to function. **The FASEB Journal**, v. 9, n. 15, p. 1551–1558, 1995.

BUZZINI, P. An optimization study of carotenoid production by *Rhodotorula glutinis* DBVPG 3853 from substrates containing concentrated rectified grape must as the sole carbohydrate source. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 24, n. 1, p. 41–45, 2000.

CARVALHO, P. R. N.; SILVA, M. G.; FABRI, E. G.; et al. CONCENTRAÇÃO DE BIXINA E LIPÍDIOS EM SEMENTES DE URUCUM DA COLEÇÃO DO INSTITUTO AGRONÔMICO (IAC). **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 519–524, 2010.

CARVALHO, R. H.; IDA, E. I.; MADRUGA, M. S.; et al. Underlying connections between the redox system imbalance , protein oxidation and impaired quality traits in pale , soft and exudative (PSE) poultry meat. **Food Chemistry**, v. 215, p. 129–137, 2017.

CARVALHO, R. H.; SOARES, A. L.; HONORATO, D. C. B.; et al. The incidence of pale, soft, and exudative (PSE) turkey meat at a Brazilian commercial plant and the functional

properties in its meat product. **Food Science and Technology**, v. 59, n. 2P1, p. 883–888, 2014.

CASTRO, W. F. **AVALIAÇÃO DO EFEITO PROTETOR DO COLORÍFICO COMO ANTIOXIDANTE NATURAL NA OXIDAÇÃO LIPÍDICA EM CARNE DE FRANGO**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, Campinas, 2008. 2008.

CHEAH, K.; CHEAH, A.; CROSLAND, A.; CASEY, J. Relationship between Ca^{2+} release, sarcoplasmic Ca^{2+} , glycolysis and meat quality in halothane-sensitive and halothane-insensitive. **Meat science**, v. 10, p. 117–130, 1984.

COBB-VANTRESS. **Manual de Manejo de Frangos de Corte COBB**. Arkansas: Cobb-Vantress Inc., 2009. Manual Técnico. .

COSTA, C. K. **ESTUDO FITOQUÍMICO DE *Bixa orellana* L., BIXACEAE E APLICAÇÃO DE SEU ÓLEO EM FORMULAÇÃO COSMÉTICA**. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Pós-graduação em ciências farmacêuticas, Universidade Federal do Paraná, 2007. .

CRUCES-BLANCO, C.; SEGURA CARRETERO, A.; MERINO BOYLE, E.; FERNÁNDEZ GUTIÉRREZ, A. The use of dansyl chloride in the spectrofluorimetric determination of the synthetic antioxidant butylated hydroxyanisole in foodstuffs. **Talanta**, v. 50, n. 5, p. 1099–1108, 1999.

DIRINCK, P.; WINNE, A. DE; CASTEELS, M.; FRIGG, M. Studies on Vitamin E and Meat Quality . 1 . Effect of Feeding High Vitamin E Levels on Time-Related Pork Quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 65–68, 1996.

DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A. A. Relationship Between Muscle Growth and Poultry Meat Quality. **Poultry science**, v. 78, p. 743–746, 1999.

DROVAL, A. A. **Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) em frango: Avaliação de parâmetros físicos e sensoriais e análise de polimorfismos em regiões específicas do gene alfa-RyR**. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011. .

FABRI, E. G.; TERAMOTO, J. R. S. Urucum: fonte de corantes naturais. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 140–140, 2015.

FAO. Production and Trade of All Meats to Expand in 2016 Pork : Broiler Meat : , 2016.

FERNANDES, J. I. M.; SAKAMOTO, I.; PEITER, D. .; GOTTARDO, E. T.; TELLINI, C. Relação vitamina E : vitamina C sobre a qualidade da carne de frangos submetidos ao estresse pré-abate. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, n. 1, p. 294–300, 2013.

FERNÁNDEZ-GARCÍA, E.; CARVAJAL-LÉRIDA, I.; JARÉN-GALÁN, M.; et al. Carotenoids bioavailability from foods: From plant pigments to efficient biological activities. **Food Research International**, v. 46, n. 2, p. 438–450, 2012.

FERREIRA, E. L.; SAMPAIO, G. R.; SILVA, E. A.; BASTOS, D. H. M. Natural Antioxidant from Yerba Maté (*Ilex paraguariensis* St . Hil .) Prevents Hamburger Peroxidation. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 54, n. 4, p. 803–809, 2011.

FLEMMING, J. S.; NETO, R.; ARRUDA, J. S.; et al. Ração farelada com diferentes granulometrias em frangos de corte. **Archives of Veterinary Sciences**, v. 7, n. 1, p. 1–9, 2002.

FLETCHER, D. L. Broiler breast meat color variation, pH, and texture. **Poultry science**, v. 78, p. 1323–1327, 1999.

FONTANA, J. D.; PERSIKE, D. S.; MENDES, S.; PERACETTA, L. F.; PASSOS, M. Carotenóides: Cores Atraentes e Ação Biológica. **Biotechnologia Ciência & Desenvolvimento**, p. 40–45, 2000.

GALINDO-CUSPINERA, V.; LUBRAN, M. B.; RANKIN, S. A. Comparison of Volatile Compounds in Water- and Oil-Soluble Annatto (*Bixa orellana* L .) Extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 7, p. 2010–2015, 2002.

GALLO, M.; FERRACANE, R.; NAVIGLIO, D. Antioxidant addition to prevent lipid and protein oxidation in chicken meat mixed with supercritical extracts of *Echinacea angustifolia*. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 72, p. 198–204, 2012.

GAYA, L. DE G.; FERRAZ, J. B. S. Aspectos genético-quantitativos da qualidade da carne em frangos. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 349–356, 2006.

GIULIANO, G.; ROSATI, C.; BRAMLEY, P. M. To dye or not to dye: biochemistry of annatto unveiled. **Trends in biotechnology**, v. 21, n. 12, p. 513–6, 2003.

GODOY, H. R. **Granulometria de grãos em rações para frangos label rouge**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Programa Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009. .

HAGIWARA, A.; IMAI, N.; ICHIHARA, T.; et al. A thirteen-week oral toxicity study of annatto extract (norbixin), a natural food color extracted from the seed coat of annatto (*Bixa orellana* L.), in Sprague–Dawley rats. **Food and Chemical Toxicology**, v. 41, n. 8, p. 1157–1164, 2003.

HAILA, K. M.; LIEVONEN, S. M.; HEINONEN, M. I. Effects of Lutein, Lycopene, Annatto, and Tocopherol on Autoxidation of Triglycerides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, n. 8, p. 2096–2100, 1996.

HAILA, K. M.; LIEVONEN, S. M.; HEINONEN, M. I. Effects of Lutein, Lycopene, Annatto, and γ -Tocopherol on Autoxidation of Triglycerides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, n. 8, p. 2096–2100, 1996.

HANSEN, H.; WANG, T.; DOLDE, D.; XIN, H.; PRUSA, K. Supplementation of laying-hen feed with annatto tocotrienols and impact of α -tocopherol on tocotrienol transfer to egg yolk. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 9, p. 2537–2544, 2015.

HARDER, M. N. C.; SPADA, F. P.; SAVINO, V. J. M.; et al. Coloração de cortes cozidos de frangos alimentados com urucum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 507–509, 2010.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, v. 49, n. 4, p. 447–457, 1998.

HU, Z.-C.; ZHENG, Y.-G.; WANG, Z.; SHEN, Y.-C. pH control strategy in astaxanthin fermentation bioprocess by *Xanthophyllomyces dendrorhous*. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 39, n. 4, p. 586–590, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal, culturas temporárias e permanentes - 2012**, 2012.

INSTITUTO ADOLF LUTZ. **Métodos Físico-químicos para análise de alimentos**. Secretária de Estado da Saúde, Coordenadoria de Controle de Doenças, 2008. .

KARLOVI, S.; JEŽEK, D.; BLAŽI, M.; et al. Influence of refrigeration and ageing time on textural characteristics of fresh meat. **Croatian Journal of Food Science**, v. 1, n. 2, p. 1–6, 2009.

KATO, T.; BARBOSA, C. F.; IDA, E. I.; et al. Broiler Chicken PSE (Pale , Soft , Exudative) Meat and Water Release during Chicken Carcass Thawing and Brazilian Legislation. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 56, n. 6, p. 996–1001, 2013.

KATSUDA, T.; SHIRAISHI, H.; ISHIZU, N.; RANJBAR, R.; KATOH, S. Effect of light intensity and frequency of flashing light from blue light emitting diodes on astaxanthin production by *Haematococcus pluvialis*. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 105, n. 3, p. 216–220, 2008.

KILIÇ, B.; ŞİMŞEK, A.; CLAUS, J. R.; ATILGAN, E. Encapsulated phosphates reduce lipid oxidation in both ground chicken and ground beef during raw and cooked meat storage with some influence on color, pH, and cooking loss. **Meat Science**, v. 97, n. 1, p. 93–103, 2014.

KIM, S.; LI, J.; LIM, N.; KANG, B.; PARK, H. Prediction of warmed-over flavour

development in cooked chicken by colorimetric sensor array. **Food Chemistry**, v. 211, p. 440–447, 2016.

KIOKIAS, S.; OREOPOULOU, V. Antioxidant properties of natural carotenoid extracts against the AAPH-initiated oxidation of food emulsions. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 7, n. 1–2, p. 132–139, 2006.

KOMIYAMA, C. M. **CARACTERIZAÇÃO E OCORRÊNCIA DE CARNE PÁLIDA EM FRANGOS DE CORTE E SEU EFEITO NA ELABORAÇÃO DE PRODUTOS INDUSTRIALIZADOS**. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2006. .

LAACK, R. L. J. M. VAN; LIU, C.-H.; SMITH, M. O.; LOVEDAY, H. D. Characteristics of Pale , Soft , Exudative Broiler Breast Meat. **Poultry science**, v. 79, p. 1057–1061, 2000.

LAGANÁ, C.; PIZZOLANTE, C. C.; TURCO, P. H. N.; MORAES, J. E. DE; SALDANHA, É. S. P. B. Influence of the natural dyes bixin and curcumin in the shelf life of eggs from laying hens in the second production cycle. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34, n. 2, p. 155–159, 2012.

LANCASTER, F. E.; LAWRENCE, J. F. High-performance liquid chromatographic separation of carminic acid, alpha- and beta-bixin, and alpha- and beta-norbixin, and the determination of carminic acid in foods. **Journal of chromatography. A**, v. 732, n. 2, p. 394–8, 1996.

LARA, J. A. F.; NINOV, K.; BONASSI, C. A.; et al. Estresse termico e incidência de carne pse em frangos. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 5, n. 4, p. 15, 2002.

LEE, S. K.; KIM, Y. S.; LIANG, C. Y.; SONG, Y. H. Effects of Dietary Vitamin E Supplementation on Color Stability , Lipid Oxidation and Reducing Ability of Hanwoo (Korean Cattle) Beef during Retail Display. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v. 16, n. 10, p. 1529–1534, 2003.

LENNERNÄS, M.; FJELLSTRÖM, C.; BECKER, W.; et al. Influences on food choice perceived to be important by nationally-representative samples of adults in the European Union. **European journal of clinical nutrition**, v. 51 Suppl 2, p. S8-15, 1997.

LESIÓW, T.; XIONG, Y. L. A simple, reliable and reproductive method to obtain experimental pale, soft and exudative (PSE) pork. **Meat Science**, v. 93, n. 3, p. 489–494, 2013.

LI, Z.; YUAN, H.; HU, X. Cadmium-resistance in growing *Rhodotorula* sp. Y11. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 5, p. 1339–1344, 2008.

LUIGGI, F. G. **Extrato oleoso de urucum na alimentação de frangos de corte**. 2015. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnica, Universidade estadual Paulista, Botucatu, 2015. 2015.

MADSEN, H. L.; ANDERSEN, L.; CHRISTIANSEN, L.; BROCKHOFF, P.; BERTELSEN, G. Antioxidative activity of summer savory (*Satureja hortensis* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in minced, cooked pork meat. **European Food Research And Technology**, v. 203, n. 4, p. 333–338, 1996.

MANTOVANI, NILTON CESAR; GRANDO, MAGALI FERRARI; XAVIER, ALOISIO; OTONI, W. C. AVALIAÇÃO DE GENÓTIPOS DE URUCUM (*Bixa orellana* L.) POR MEIO DA CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE FRUTOS, PRODUTIVIDADE DE SEMENTES E TEOR DE BIXINA. **Ciencia Florestal**, v. 23, n. 2, p. 355–362, 2013.

MAPA. Agenda Estratégica 2010 -2015 Aves E Suínos. **Agenda Estratégica 2010 -2015 Aves E Suínos**, p. 41, 2011.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis* , L .) e de alho (*Allium sativum* , L .) como antioxidantes naturais. **Revista do Instituto Adolf Lutz**, v. 68, n. 1, p. 1–11, 2009.

MASCIO, P. DI; KAISER, S.; SIES, H. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 274, n. 2, p. 532–538, 1989.

MERCADANTE, A. Z.; CAPITANI, C. D.; DECKER, E. A.; CASTRO, I. A. Effect of

natural pigments on the oxidative stability of sausages stored under refrigeration. **Meat science**, v. 84, n. 4, p. 718–26, 2010.

MITSUMOTO, M.; ARNOLD, R. N.; SCHAEFER, D. M.; CASSENS, R. G. Dietary versus postmortem supplementation of vitamin E on pigment and lipid stability in ground beef. **Journal of animal science**, v. 71, n. 7, p. 1812–1816, 1993.

MORAN, E. T. **Comparative nutrition of the fowl and swine: the gastrointestinal systems**. Ontario: University of Guelph, 1982.

MORRISSEY, P. A.; SHEEHY, P. J. A.; GALVIN, K.; KERRY, J. P.; BUCKLEY, D. J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, n. 98, p. S73–S86, 1998.

MURAKAMI, M.; KUDO, I. Phospholipase A2. **The Journal of Biochemistry**, v. 131, n. 4, p. 496–501, 2002.

NIETO, G.; ESTRADA, M.; JORDÁN, M.; DOLORES, M.; BAÑÓN, S. Effects in ewe diet of rosemary by-product on lipid oxidation and the eating quality of cooked lamb under retail display conditions. **Food Chemistry**, v. 124, n. 4, p. 1423–1429, 2010.

NIIZU, P. Y. **Fontes de carotenóides importantes para a saúde humana**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. .

OFFER, G.; KNIGHT, P.; JEACOCKE, R.; ALMOND, R.; COUSINS, T. The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat products. **Food Microstructure**, v. 8, n. 1, p. 151–170, 1989.

OFOFU, I. W.; APPIAH-NKANSAH, E.; OWUSU, L.; et al. Formulation of annatto feed concentrate for layers and the evaluation of egg yolk color preference of consumers. **Journal of Food Biochemistry**, v. 34, n. 1, p. 66–77, 2010.

OLIVEIRA, R. R. DE. **UTILIZAÇÃO DO ÁCIDO FÍTICO COMO ANTIOXIDANTE NATURAL UTILIZAÇÃO DO ÁCIDO FÍTICO COMO ANTIOXIDANTE**

NATURAL. 2012. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

OLIVO, R.; SCARES, A. L.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat functional properties. **Journal of Food Biochemistry**, v. 25, n. 2001, p. 271–283, 2001.

OROSA, M.; FRANQUEIRA, D.; CID, A.; ABALDE, J. Analysis and enhancement of astaxanthin accumulation in *Haematococcus pluvialis*. **Bioresource Technology**, v. 96, n. 3, p. 373–378, 2005.

PEDRÃO, M. R.; KATO, T.; SOARES, A. L.; IDA, E. I.; AUGUSTO, F.; et al. Influence of Cooling on the Glycolysis Rate Development of PSE (Pale, Soft, Exudative) Meat and. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 58, p. 272–277, 2015.

PEDRÃO, M. R.; KATO, T.; SOARES, A. L.; IDA, E. I.; CORÓ, F. A. G.; et al. Influence of Cooling on the Glycolysis Rate and Development of PSE (Pale, Soft, Exudative) Meat. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 58, n. 2, p. 272–277, 2015.

PINHEIRO, R. S. B.; SOBRINHO, A. G. DA S.; SOUZA, H. B. A.; MARI, Y. S. Qualidade de carnes provenientes de cortes da carcaça de cordeiros e de ovinos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9, p. 1790–1796, 2009.

PRESTON, H. D.; RICKARD, M. D. Extraction and chemistry of annatto. **Food Chemistry**, v. 5, n. 1, p. 47–56, 1980.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em Óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 755–760, 2006.

RAMOS P. L., L.; TOLEDO O., T.; NAGEM, T.; PACHECO, S. Efeito de flavonóides e de corantes do urucum sobre a hiperlipidemia induzida em coelhos. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v. 42, n. 1, p. 69–74, 2010.

RIOVANTO, R.; MARCHI, M. DE; CASSANDRO, M.; PENASA, M. Use of near infrared transmittance spectroscopy to predict fatty acid composition of chicken meat. **Food Chemistry**, v. 134, n. 4, p. 2459–2464, 2012.

ROCHA GARCIA, C. E.; BOLOGNESI, V. J.; DIAS, J. DE F. G.; MIGUEL, O. G.; COSTA, C. K. Carotenoides bixina e norbixina extraídos do urucum (*Bixa orellana* L.) como antioxidantes em produtos cárneos. **Ciência Rural**, v. 42, n. 8, p. 1510–1517, 2012.

ROCHA GARCIA, C. E.; BOLOGNESI, V. J.; GOMES MIGUEL, O.; KLOCKER, C. Bixina e norbixina: os pigmentos do urucum (*Bixa orellana* L.) utilizados na indústria cárnea. **Revista Nacional da Carne**, v. 401, p. 14–22, 2010.

ROCHA GARCIA, C. E.; FREITAS, L. W.; SCHWINGEL, A. W.; et al. Incidence and Physical Properties of PSE Chicken Meat in a Commercial Processing Plant. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 12, n. 4, p. 233, 2010.

ROCHA GARCIA, C. E.; MENDES, A. A.; COSTA, C.; et al. Desempenho e qualidade da carne de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 5, p. 634–643, 2005.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. . M. K. J. A.-F. Fontes Brasileiras de carotenóides. . p.101, 2008.

ROQUE-SPECHT, V.; SIMONI, V.; PARISE, N.; CARDOSO, P. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA EM PEITOS DE FRANGO EM FUNÇÃO DO PH FINAL. **Revista Brasileira de Agrociências**, v. 14, n. 1–4, p. 77–81, 2009.

ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J. Factors of significance for pork quality — a review. **Meat Science**, v. 64, p. 219–237, 2003.

ROSTAGNO, H.; AUTORES, R.; LUIZ, R.; et al. **Tabela Brasileira para Aves e Suínos- Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 2nd ed. Visoça: Universidade Federal de Visoça, 2005.

SAMPAIO, G. R.; SALDANHA, T.; SOARES, R. A. M.; TORRES, E. A. F. S. Effect of natural antioxidant combinations on lipid oxidation in cooked chicken meat during refrigerated storage. **Food Chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1383–1390, 2012.

SANTANA, K. DA C.; GUEDES, P. DE A.; REBOUÇAS, T. N.; et al. Teores de bixina em urucum (*Bixa orellana*) “Piave Vermelha”, em diferentes acondicionamentos e temperaturas. **Tecnologia e Ciência Agropecuaria**, v. 2, n. 1, p. 19–22, 2008.

SANTOS, F. R.; STRINGHINI, J. H.; MINAFRA, C. S.; et al. Formulação de ração para frangos de corte de crescimento lento utilizando valores de energia metabolizável dos ingredientes determinada com linhagens de crescimento lento e rápido. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 6, p. 1839–1846, 2014.

SENTHILKUMAR, P.; RAMANA REDDY, Y.; RAMESH, S.; GOBINATH, S.; RAVINDER REDDY, V. Effect of replacing maize with pigment extracted annatto (*Bixa Orallena*) seed meal on the performance of broilers. **Animal Nutrition and Feed Technology**, v. 8, n. 2, p. 185–192, 2008.

SHAHID-UL-ISLAM; RATHER, L. J.; MOHAMMAD, F. Phytochemistry, biological activities and potential of annatto in natural colorant production for industrial applications – A review. **Journal of Advanced Research**, v. 7, n. 3, p. 499–514, 2016.

SHERWIN, E. R. Oxidation and Antioxidants in Fat and Oil Processing. **Journal of The American Oil Chemist Society**, v. 55, p. 809–814, 1978.

SILVA, J. H. V.; SILVA, E. L.; FILHO, J. J.; RIBEIRO, M. L. Efeitos da Inclusão do Resíduo da Semente de Urucum (*Bixa Orellana* L.) na Dieta para Frangos de Corte: Desempenho e Características de Carcaça. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v34n5/26642.pdf>>. Acesso em: 19/5/2016.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 94–103, 1999.

SILVA, J. H. V. DA; ALBINO, L. F. T.; GODÓI, M. J. DE S. Efeito do extrato de urucum na pigmentação da gema dos ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 5, p. 1435–1439, 2000.

SILVA, J. H. V.; LINDOLFO, E.; FILHO, J. J.; RIBEIRO, M. L. G. Efeitos da Inclusão do Resíduo da Semente de Urucum (Bixa Orellana L .) na Dieta para Frangos de Corte : Desempenho e Características de Carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1606–1613, 2005.

SOARES, A. L.; IDA, E. I.; MIYAMOTO, S.; et al. PHOSPHOLIPASE A2 ACTIVITY IN POULTRY PSE, PALE, SOFT, EXUDATZVE, MEAT. **Food Biochemistry**, v. 27, n. 2003, p. 309–319, 2003.

SOARES, A. L.; MARCHI, D. F.; MATSUSHITA, M.; et al. Lipid oxidation and fatty acid profile related to broiler breast meat color abnormalities. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 6, p. 1513–1518, 2009.

SOUSA, E. M. P. DE S.; FARIA, L. J. G. DE F. EXTRAÇÃO E ESTABILIDADE DO CORANTE DE URUCUM (Bixa orellana L.) EM BASE COSMÉTICA. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 91, p. 195–204, 2014.

SOUZA, D. H.; FREITAS, E. R.; OLIVEIRA, E. INCLUSION OF ANNATTO SEED IN DIETS CONTAINING SORGHUM FOR SLOW-GROWTH BROILERS. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, n. 3, p. 248–259, 2015.

SOWMYA, R.; SACHINDRA, N. M. Carotenoid production by Formosa sp. KMW, a marine bacteria of Flavobacteriaceae family: Influence of culture conditions and nutrient composition. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 4, n. 4, p. 559–567, 2015.

SPADA, F. P.; GUTIERREZ, É. M. R.; SOUZA, M. C. DE; et al. Viscosity of egg white from hens of different strains fed with commercial and natural additives. **Food Science and Technology**, v. 32, n. 1, p. 47–51, 2012.

TAPPEL, A. L. Vitamin E as the Biological Lipid Antioxidant. **Vitamins and Hormones**, v. 20, n. C, p. 493–510, 1962.

TORRES, E.; PEARSON, A. M.; GRAY, J. I.; KU, P. K. Lipid oxidation in charqui (salted and dried beef). **Food Chemistry**, v. 32, n. 4, p. 257–268, 1989.

USDA. Livestock and Poultry : World Markets and Trade. **Foreign Agricultural Service/USDA October 2017, Office of Global Analysis**, 2017.

VALDUGA, E.; OLIVEIRA TATSCH, P.; TIGGEMANN, L.; et al. PRODUÇÃO DE CAROTENOIDES: MICRORGANISMOS COMO FONTE DE PIGMENTOS NATURAIS. **Quimica Nova**, v. 32, n. 9, p. 2429–2436, 2009.

VALERIO, M. A.; RAMOS, M. I. L.; BRAGA NETO, J. A.; MACEDO, M. L. Annatto seed residue (*Bixa orellana* L .): nutritional quality. **Food Science and Technology**, v. 35, n. 2, p. 326–330, 2015.

VILA, M.; COUSO, I.; LEÓN, R. Carotenoid content in mutants of the chlorophyte *Chlamydomonas reinhardtii* with low expression levels of phytoene desaturase. **Process Biochemistry**, v. 43, n. 10, p. 1147–1152, 2008.

WÜRTZEN, G. Scientific evaluation of the safety factor for the acceptable daily intake (ADI). Case study: butylated hydroxyanisole (BHA). **Food additives and contaminants**, v. 10, n. 3, p. 307–14, 1993.

ZANOTTO, D. L.; BELLAYER, C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. **Comunicado Técnico - EMBRAPA**, p. 1–5, 1996.

ZHANG, L.-X.; COONEY, R. V.; BERTRAM, J. S. Carotenoids enhance gap junctional communication and inhibit lipid peroxidation in C3H/10T1/2 cells: relationship to their cancer chemopreventive action. **Carcinogenesis**, v. 12, n. 11, p. 2109–2114, 1991.

ZHAO, X.; CHEN, X.; HAN, M.; et al. Application of isoelectric solubilization/precipitation processing to improve gelation properties of protein isolated from pale, soft, exudative (PSE)-

like chicken breast meat. **LWT - Food Science and Technology**, v. 72, p. 141–148, 2016.